

|          |    |              |                 |
|----------|----|--------------|-----------------|
| Meyniana | 15 | Seite 75—142 | Kiel, Nov. 1965 |
|----------|----|--------------|-----------------|

## Zur Foraminiferen-Fauna der Ostsee

GERHARD F. LUTZE\*)

### Inhalt

|   |     |
|---|-----|
| A. Allgemeiner Teil   |     |
| 1. Einleitung . . . . .   | 75  |
| 2. Lage der Stationen . . . . .                                       | 77  |
| 3. Methodik . . . . .   | 77  |
| B. Taxonomischer Teil   |     |
| 1. Vorbemerkungen . . . . .   | 79  |
| 2. Sandschaler . . . . .  | 80  |
| 3. Kalkschaler . . . . .  | 93  |
| C. Ökologischer Teil  |     |
| 1. Geologische und hydrographische Verhältnisse . . . . .             | 106 |
| 2. Bisherige Kenntnisse . . . . .                                     | 108 |
| 3. Lagunen und Ästuarie . . . . .                                     | 110 |
| 4. Beltsee . . . . .  | 112 |
| 5. Arkonabecken . . . . .   | 122 |
| 6. Bornholmbecken . . . . .   | 126 |
| 7. Östliche Becken . . . . .  | 128 |
| 8. Gesamttendenz der Foraminiferen-Besiedlung . . . . .               | 129 |
| 9. Rückschlüsse auf Sedimentation und Geschichte der Ostsee . . . . . | 133 |
| 10. Palökologische Folgerungen . . . . .                              | 136 |
| D. Zusammenstellung der Ergebnisse . . . . .                          | 137 |
| E. Schriftenverzeichnis   |     |
| 1. Taxonomischer Teil . . . . .                                       | 139 |
| 2. Ökologischer Teil . . . . .  | 141 |

### A. Allgemeiner Teil

#### 1. Einleitung

In jedem Profil-Zentimeter fossiler Meeresablagerungen können viele frühere Meeresböden verborgen sein. Da es sich bei den meisten Sedimentgesteinen um Flachmeerablagerungen handelt, kann sich über diesen früheren Meeresböden ein wechselhaftes Geschehen abgespielt haben. Will man versuchen, dieses Geschehen aus den im Gestein niedergelegten Zeugnissen zu rekonstruieren, so muß man Lage für Lage abtragen und untersuchen. Sollen auch die Reste von Lebewesen für die Deutung der Ablagerungsverhältnisse herangezogen werden, erscheinen diejenigen

\*) Anschrift des Verfassers: Dr. Gerhard F. Lutze, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum der Universität, 23 Kiel, Olshausenstr. 40—60.

als weniger geeignet, die infolge ihrer Größe nur geringe Besiedlungsdichte erreichen. Von ihnen (z. B. Muscheln, Ammoniten) wird man aus einer Sedimentschicht von wenigen Zentimetern nur selten autochthone Reste in einer Anzahl gewinnen können, die eine statistische Auswertung und damit die Ausschaltung des Zufalls erlaubt. Von den besser geeigneten erhaltungsfähigen Kleintieren bieten sich besonders die Foraminiferen an, bei denen viele fossile Gattungen noch an ihren heute lebenden Arten studiert werden können. Rezenten Foraminiferen sind deswegen in den letzten Jahrzehnten mehrfach von Geologen und Paläontologen untersucht worden. Dennoch wird von keinem Autor bestritten, daß unsere Kenntnis der heute lebenden Foraminiferen noch viel zu lückenhaft ist, als daß sich die mit ihr gebotenen palökologischen Möglichkeiten auch nur annähernd umreißen ließen.

In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, einen Teil der Zusammenhänge zwischen Hydrographie, Sediment und Foraminiferen-Fauna der Ostsee aufzudecken. Die Ostsee hat als klassisches Brackwassermeer für viele Tiergruppen überregional gültige ökologische Erkenntnisse geliefert (REMANE 1933, 1934, 1955 u. 1958). Die bisher veröffentlichten Foraminiferen-Arbeiten (RHUMBLER 1935, 1936; ROTTGARDT 1952) zeigen darüber hinaus, daß die Foraminiferen auch für die Interpretation brackisch beeinflusster Sedimentgesteine neue Ansatzpunkte bieten. Beide Arbeiten waren aber auf die Kieler Bucht beschränkt. Die Arbeiten RHUMBLER's galten zudem mehr einer gründlichen Bestandsaufnahme und taxonomischen Bearbeitung, während ROTTGARDT's Untersuchungen vor allem auf die Flußmündungen und Förden der Kieler Bucht beschränkt waren. Aus der offenen Ostsee standen ihm nur 15 Proben zur Verfügung. Außerdem wurden von ROTTGARDT nur leere Gehäuse untersucht, was eine Faktorenanalyse unmöglich macht. Über die Gebiete östlich von Fehmarn liegen keine Foraminiferen-Untersuchungen vor.

Wenn somit eine Fortsetzung dieser Untersuchungen schon vom rein tiergeographischen Gesichtspunkt wünschenswert war, so konnte SEIBOLD (1964) auch ein direktes paläogeographisches Interesse anmelden. Infolge der Beckengliederung der Ostsee wirkt sich die für Brackwassermeere charakteristische vertikale Salzgehaltsschichtung besonders krass aus und führt bei mangelndem Salzwasser-Einstrom durch den kontrollierenden Belt-Zugang zu stagnierenden Beckenbedingungen. Die durch die Vielzahl der Erdölbohrungen der letzten 15 Jahre gewonnene Vorstellung vom Ablagerungsraum der mesozoischen Sedimente ist ähnlich; auch damals muß der Meeresboden in Becken und Schwellen vergleichbarer Größenordnung gegliedert gewesen sein. Wenn man annimmt, daß in diesem Ablagerungsraum zumindest in bestimmten Perioden durch ein humides Klima ostseeähnliche Verhältnisse entstehen konnten, dann wird für die Interpretation seiner Foraminiferen-Abfolgen besonders die heutige Ostsee-Foraminiferen-Fauna wichtig.

Mit der Probenentnahme wurde bereits im Frühjahr 1962 begonnen. In den folgenden Jahren wurden hauptsächlich ökologische Untersuchungen an Unterkreide-Foraminiferen durchgeführt. Erst im Herbst 1963 wurde mit der Auswertung des bis dahin gesammelten Ostsee-Materials begonnen. Die Untersuchungen wurden durch ein Habilitanden-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft ermöglicht, der auch an dieser Stelle besonders gedankt sei.

Aufrichtiger Dank gilt Herrn Prof. Dr. E. SEIBOLD, der die Arbeit anregte und ständig mit Rat und Hilfe unterstützte. Durch seine Initiative ist in Kiel ein meeresgeologisches „team“ im Entstehen; allen Angehörigen dieser Arbeitsgruppe soll hier für ihre Hilfe bei der Probenentnahme und für die ständige Diskussion der Zwischenergebnisse herzlich gedankt werden. Eine statistische Auswertung größerer Probenmengen verursacht einen Arbeitsanfall, der ohne die großzügige Freistellung

technischer Hilfskräfte nicht zu bewältigen gewesen wäre; besonders diese Hilfe muß dankbar anerkannt werden. Nicht zuletzt möchte ich meiner Frau danken für ihre Unterstützung bei den variationsstatistischen Arbeiten und bei der Fertigstellung des Manuskriptes.

## 2. Lage der Stationen

Insgesamt wurden auf 334 Stationen Bodenproben entnommen. 85% der Proben wurden auf verschiedenen Ausfahrten des Forschungskutters „Hermann Wattenberg“, des Fischerei-Forschungsschiffes „Anton Dohrn“ und des Marinetenders „Ems“ vom Verfasser selbst entnommen. Die übrigen Proben sind vor allem Herrn Dr. WERNER, Geologisches Institut, und Herrn Dr. ZEITZSCHEL, Institut für Meereskunde, zu verdanken.

Die Lage der Stationen ist auf den Abbildungen 1—3 dargestellt. Wo wegen der dichten Stationsfolge nicht alle Stationen eingetragen werden konnten, kann die ungefähre Lage aus den Profilen (Abb. 13—15) entnommen werden. Von einer Wiedergabe der Stationsliste mit DECCA-Werten, Koordinaten, Wassertiefen usw. wird aus Platzgründen abgesehen. Das Stationsbuch mit allen Angaben wird im Geologischen Institut der Universität Kiel, Olshausenstraße, aufbewahrt.

In den meisten Fällen wurden die Proben auf sedimentologisch oder ozeanographisch ausgerichteten Ausfahrten gewonnen. Die Auswahl der Stationen konnte daher besonders in der Beltsee und im Gotlandbecken nicht immer so erfolgen, wie es für die gestellte Aufgabe am zweckmäßigsten gewesen wäre. Um so mehr ist Herrn Prof. Dr. KRAUSS, Herrn Kapitän OHL und Herrn Kapitän WRUCK zu danken, daß sie bei den Fahrten im Arkonabecken weitgehend meinen Wünschen entgegenkamen.

## 3. Methodik

Jede Entnahmemethode ist ein Kompromiß. Einerseits soll nach Möglichkeit ein flächenkonstantes Stück ungestörten Meeresbodens nach oben gebracht werden, andererseits soll das unter vertretbarem Zeitaufwand geschehen und genügend Exemplare bestimmter Tiergruppen für eine statistische Analyse liefern. Wie REMANE bereits 1933 (S. 164) zeigt, besteht bei Bodengreifern die Gefahr, daß die beim Absetzen entstehenden Wasserbewegungen einen Teil der Mikrofauna wegschlemmen. Außerdem ist es schwierig, bei den üblichen Bodengreifern eine abgegrenzte Menge Oberflächensediments zu bekommen, wenn man nicht den gesamten Greiferinhalt verarbeiten will. Für ökologische Foraminiferen-Untersuchungen werden daher im allgemeinen Stoßrohre oder Schwerelote empfohlen, die einen genau begrenzten Ausschnitt der ungestörten Oberfläche ausstanzen (PHLEGER 1960). Die Besiedlung der Ostseeböden mit Foraminiferen ist aber vielfach so dünn, daß mit den Querschnitten dieser Rohre (zwischen 5 und 28 cm<sup>2</sup>) für eine statistische Analyse nicht genügend Exemplare gewonnen werden können. Einen Ausweg hätten Lote mit größerem Querschnitt geboten, wie sie im Kieler Geologischen Institut entwickelt wurden (Kastenlot nach KÖGLER 1963, mit 225 cm<sup>2</sup> Querschnitt): Diese schweren Geräte verlangen aber mehrere Personen zur Bedienung und können außerdem auf den hier benutzten Schiffen bereits bei Windstärken von 4—5 nicht mehr eingesetzt werden. Bei Berücksichtigung der durchschnittlichen Wetterlage der letzten Jahre und der zur Verfügung stehenden Schiffszeit kann mit Sicherheit gesagt werden, daß mit solchen Geräten auch nicht annähernd eine für ökologische Aussagen erforderliche Probendichte erreicht worden wäre.

Eine Kompromißlösung bot ein modifizierter Van Veen-Backengreifer mit einer Greiffläche von 1000 cm<sup>2</sup>, der auch bei bewegter See notfalls von einer Person

bedient werden kann. Durch Klappen im Oberteil ist die Sedimentoberfläche direkt von oben zugänglich: Nach dem Abhebern des überstehenden Wassers läßt sich das Oberflächensediment leicht mit einer kleinen Schaufel abheben.

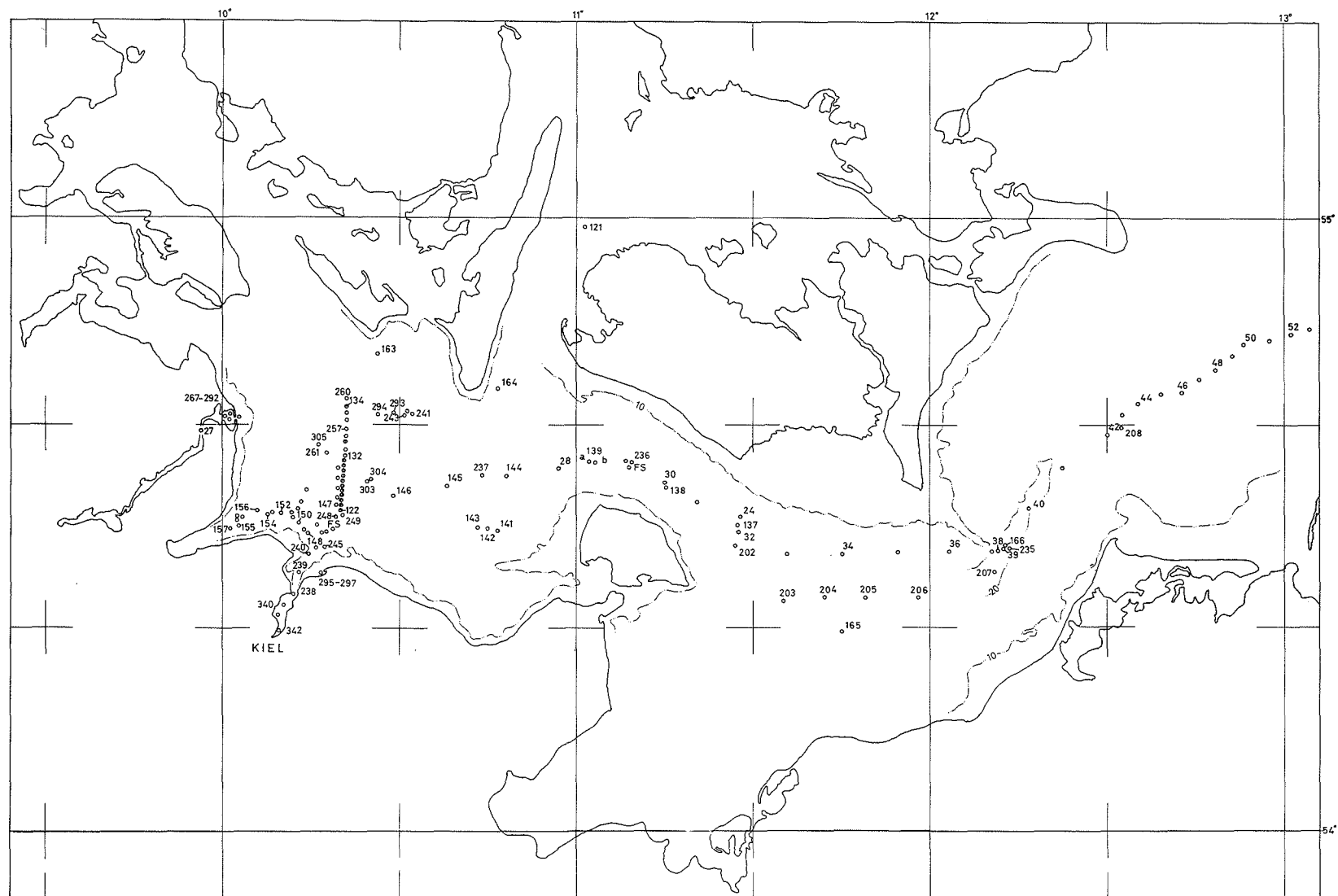
Da infolge der Konstruktion bei normal gefülltem Greifer nicht die gesamte erfaßte Oberfläche gewinnbar ist, wurde zunächst versucht, ob sich durch Ausstechen einer begrenzten Fläche ein stets gleichbleibender Anteil erhalten läßt. Nachdem sich zeigte, daß dabei durch Verrutschen, Verschwemmen usw. große Fehler auftraten, wurde zur Bestimmung des Naßvolumens der Proben übergangen: Es wurde also einfach eine möglichst große Menge des durch Braunfärbung als Oberflächensediment erkennbaren Materials (bis zu 1 cm Tiefe) abgehoben und später im Labor das Naßvolumen dieser im allgemeinen zwischen 250 und 600 cm<sup>3</sup> großen Proben ermittelt. Die auf Volumeneinheiten (10 cm<sup>3</sup>) bezogenen Häufigkeiten erwiesen sich an gleichbleibenden Plätzen als relativ konstant und entsprachen auch den bei gleichzeitiger Entnahme aus Foraminiferenlot-Proben gewonnenen Vergleichswerten. Die Unterschiede lagen nur bei 10 bis 15%, was den normalen Schwankungen durch ungleichmäßige Besiedlung entspricht. Diese Vergleiche zeigten auch, daß das gemessene Volumen der Proben in Kubikzentimetern ungefähr der erfaßten Fläche in Quadratzentimetern entspricht. Auch die im Bereich des Feuerschiffes Fehmarn Belt ermittelten Werte bestätigten die Brauchbarkeit dieser Umrechnungsmethode. Sie entsprachen genau den von F.-W. HAAKE aus täglicher Lotprobenentnahme vom Feuerschiff für den betreffenden Zeitraum ermittelten Durchschnitts-Besiedlungsdichten.

In Gebieten mit besonders ungleichmäßiger Foraminiferen-Besiedlung (z. B. Rippelböden) ist die bei dieser Methode unvermeidbare Ungenauigkeit wesentlich geringer als der Fehler der Lotproben von gewöhnlichem Querschnitt. Außerdem sind grobe Fehler in einer dichten Profilverfolg von Proben leicht zu erkennen. Man kann zusammenfassend sagen, daß es bei geringen Besiedlungsdichten wichtiger ist, möglichst große Oberflächen zu erfassen und möglichst geringe Probenabstände anzustreben, als die Oberfläche der Proben auf den Quadratzentimeter genau konstant zu halten.

Nachteilig sind die Greifer allerdings auf sehr grobem und sehr feinem Sediment. Größere Körner (Kies, Gerölle) verhindern häufig das dichte Schließen der Greiferbacken; bei dem dann unvermeidlichen Ausströmen von Wasser und Sediment beim Anheben werden sicherlich auch Foraminiferen verschwemmt. Um den dadurch hervorgerufenen Fehler kennenzulernen, wurden am Stoller Grund aus 10 m Wassertiefe gleichzeitig von Tauchern Proben gewonnen. Diese ergaben jedoch nur um etwa 30% höhere Besiedlungswerte als der Greifer. Außerdem muß man berücksichtigen, daß andere Entnahmegерäte auf grobem Sandgrund häufig gar keine Proben liefern.

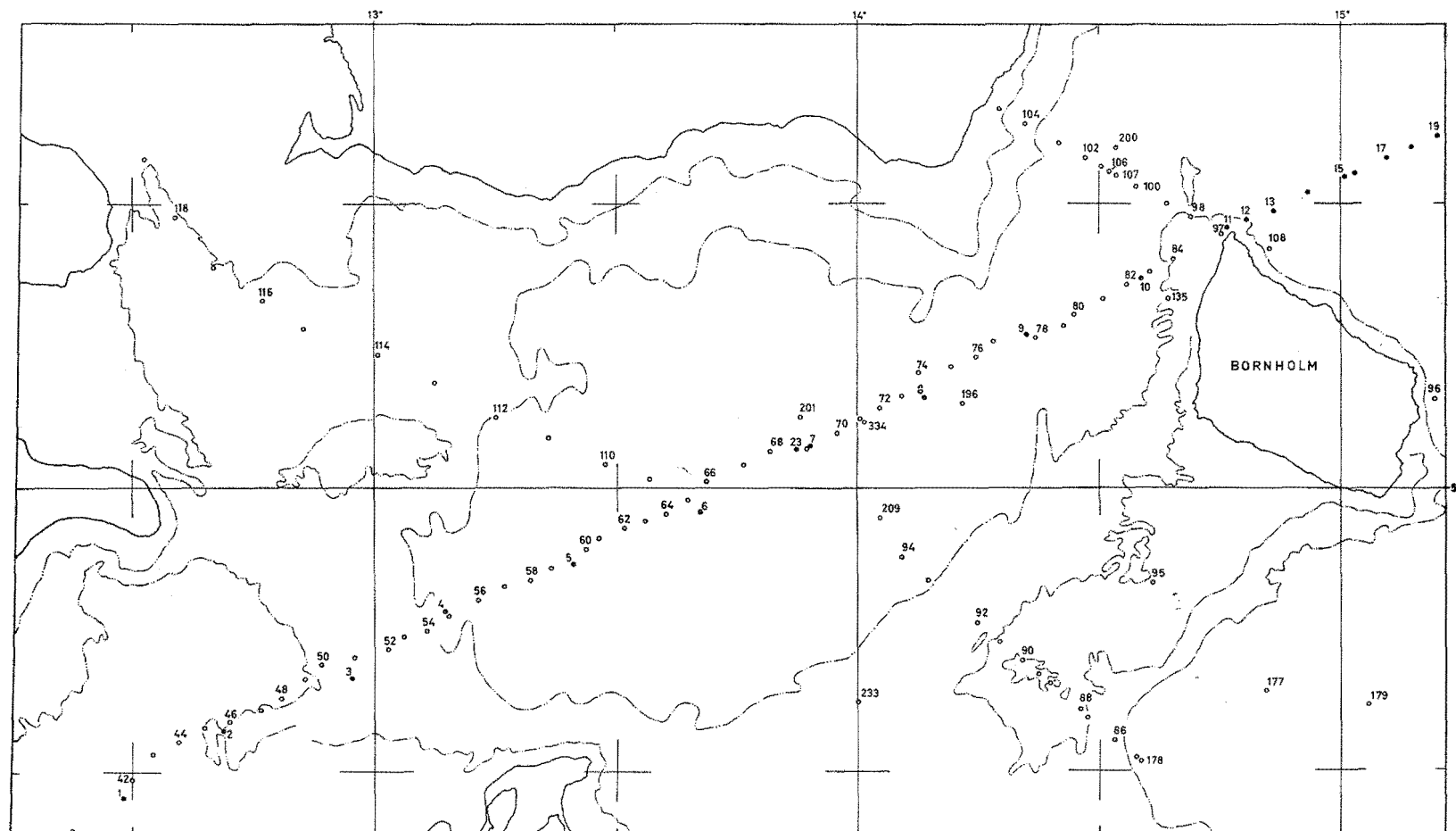
Bei sehr weichem Schlick, wie er in allen Ostseebecken anzutreffen ist, sinken auch extra leichte Greifer so weit ein, daß das verwürgte, an die Greiferklappen gepreßte Oberflächensediment häufig nicht mehr einwandfrei von tieferen Sedimentpartien getrennt werden kann. Beim Abheben wird daher oft die Soll-Eindringtiefe von 1 cm überschritten. Bei den geringen Besiedlungsdichten der Becken geben aber alle Entnahmegерäte mit geringerem Querschnitt noch viel unsicherere und vielfach nicht brauchbare Werte.

Die besonders in Amerika (BANDY und Schüler) angewandte Methode, die Häufigkeiten nicht auf das Probenvolumen, sondern auf das vor der Aufbereitung gewonnene Trockengewicht zu beziehen, ist abzulehnen. Versuche haben gezeigt, daß durch diese vermehrte Behandlung des Materials zerbrechliche Sandschalen zerrieben werden können.



Meyniana 15, 1963, LUTZE

Abb. 1: Lage der Stationen in der Beltsee.



Meyniana 15, 1965, LUTZE

Abb. 2: Lage der Stationen im Arkonabecken.

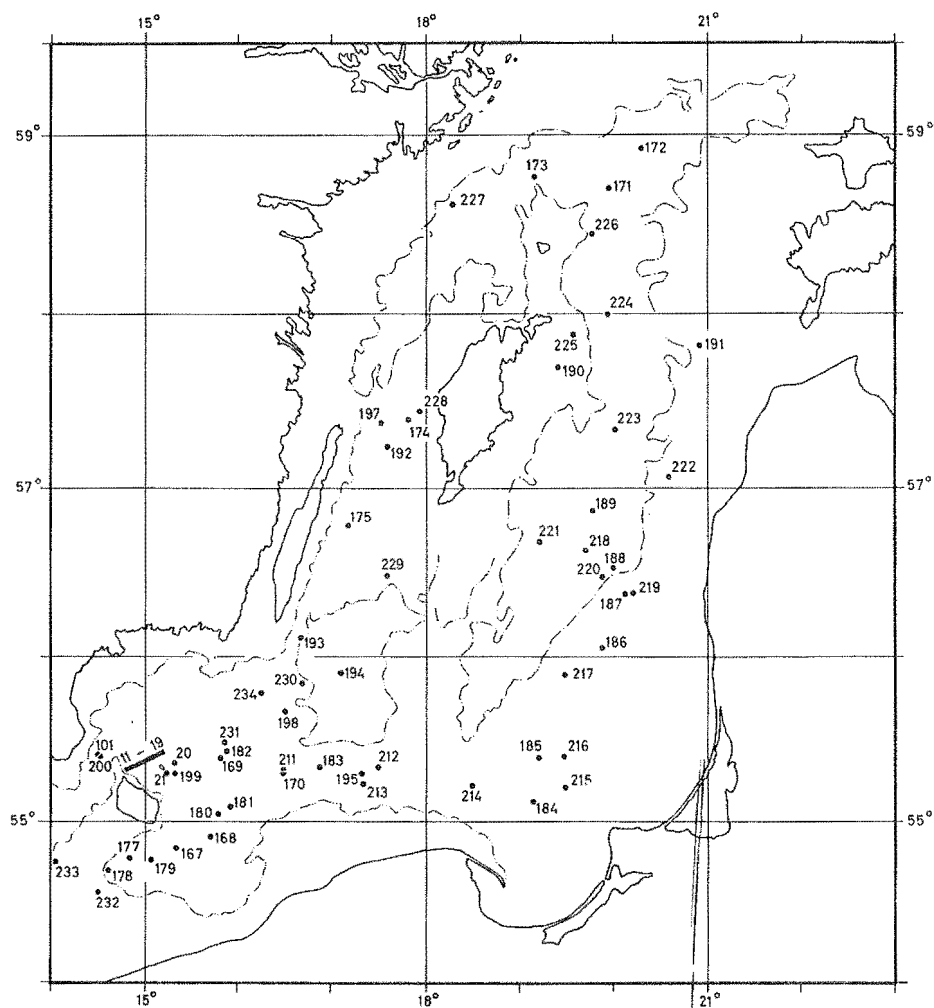


Abb. 3: Die Lage der Stationen in den östlichen Becken.

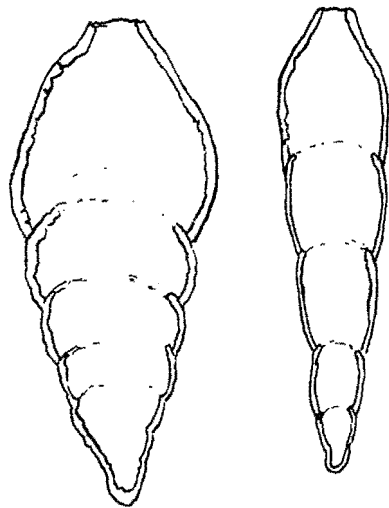


Abb. 4: Angeschnittene Gehäuse von *R. dentaliniiformis regularis*. — Die neugebildeten Kammern umfassen die älteren, deren Mündungspartien nicht mehr vorhanden sind.



Sofort nach der Entnahme wurden die in Weithals-Plastikflaschen gefüllten Proben mit einer kombinierten Färbe-Konservierungslösung übergossen und etwa eine Minute lang durchgeschüttelt. Der von WALTON (1952) für Foraminiferen eingeführte Farbstoff Bengalrot färbt das Protoplasma der Foraminiferen intensiv rot, so daß bei der Auswertung die noch lebend angetroffenen Tiere von den zahlreichen leeren Gehäusen getrennt werden können. Durch die Kombination des Farbstoffes mit dem Konservierungsmittel kann ein Arbeitsgang eingespart werden (LUTZE 1964).

Im Labor wurde dann das Naßvolumen gemessen und die Proben anschließend über ein 0,1 mm-Sieb geschlämmt. Die Rückstände wurden bei 80° C im Trockenschrank getrocknet. Die meisten Ostseeproben enthalten relativ viel „organischen Detritus“ (chitinige Reste, Pflanzenreste). Dieser Detritus verfilzt beim Trocknen zu einem Kuchen, der zur Gewinnung der Foraminiferen zerkleinert werden muß. Dabei werden viele der besonders in den Ostseebecken durch Anlösung sehr fragilen Sandschaler zerrieben. Einen guten Ausweg bot die getrennte Behandlung der beiden Rückstandsarten: Die im Wasser über dem mineralischen Schlämmrückstand in Schwebelage befindlichen organischen Reste wurden abgegossen und als sogenannter „organischer Abguß“ gesondert getrocknet und aufbewahrt. Es zeigte sich, daß in diesen Teilen der Rückstände zwar die meisten Ostracoden, dagegen nur unerhebliche Prozentsätze der Foraminiferen anzutreffen waren.

Aus allen größeren Schlämmrückständen (sandreiche Proben, Rückstandsgröße über 5 cm<sup>3</sup>) wurden die Foraminiferen durch Flottieren in Tetrachlorkohlenstoff gewonnen. Rückstände bzw. Konzentrate wurden falls notwendig mit einem Probenteiler in nicht entmischte Anteile zerlegt und von jeder Probe zwischen 200 und 500 Foraminiferen nach Arten ausgezählt. Zur Registrierung der häufigen Arten erwiesen sich Zählgeräte der Firma Ferrari als besonders geeignet. Diese Geräte sind mit 5—8 Zählwerken sowie einem Summenzähler ausgerüstet und geben bei jedem vollen Hundert ein akustisches Signal. Seltener Arten und sonstige Beobachtungen wurden in ein Tonbandgerät mit Fußschaltung diktiert. Durch diese Geräte kann das ermüdende, fortwährende Umstellen der Augen vom Mikroskop auf das Zählformular vermieden werden.

Leere und gefärbte, noch Protoplasma-Reste enthaltende Gehäuse wurden getrennt gezählt. Der Einfachheit halber wird im folgenden nur von „lebenden“ und „toten“ Foraminiferen bzw. der „Lebendfauna“ und der „Totfauna“ gesprochen. Bei Rückständen mit relativ wenig Lebendfauna (weniger als 40%) wurde natürlich ein entsprechend größerer Anteil des Rückstandes auf lebende Formen durchgesehen als auf leere Gehäuse, notfalls auch der gesamte Rückstand.

Die so gewonnenen Häufigkeitswerte der einzelnen Arten wurden zu Bandygrammen zusammengestellt und graphisch mit Wassertiefe, Bodenrelief und Sediment verglichen (s. Abb. 13—19). Form und Besonderheiten der Darstellung sowie die hier angewandte vereinfachte Sedimentansprache werden am Anfang des Kapitels „Beltsee“ im ökologischen Teil näher erläutert.

## B. Taxonomischer Teil

### 1. Vorbemerkungen

Taxonomisch wurden Ostsee-Foraminiferen bisher nur von RHUMBLER (1935, 1936) bearbeitet. Seine Untersuchung beschränkte sich jedoch auf das von REMANE in der Kieler Bucht gesammelte Material und wurde leider nicht abgeschlossen, so daß wichtige Gattungen, wie z. B. *Cribrononion*, unberücksichtigt blieben. Trotzdem bleibt sie die wichtigste Grundlage und war für unsere Arbeiten besonders deswegen sehr förderlich, weil durch das dankenswerte Entgegenkommen von Prof.

REMANE das gesamte Originalmaterial dem Geologischen Institut als Dauerleihgabe zur Verfügung gestellt wurde.

Demgegenüber hatte die 1952 veröffentlichte Dissertation ROTTGARDT's mehr ökologische Akzente (s. Kapitel C 2); in ihr wurden zwei neue *Ammodiscus*-Arten beschrieben (eine irrtümlich) und mehrere wichtige Arten erstmalig aus der Ostsee erwähnt. Auch dieses Material befindet sich im Geologischen Institut der Universität Kiel.

Es wird leider häufig angenommen, daß taxonomische Arbeiten für die ökologische Fragestellung eine lästige Zugabe sind. Das liegt vielfach daran, daß der Außenstehende durch die unvermeidbaren Namensänderungen verwirrt wird und übersieht, daß es dem Systematiker neben den Namen vor allem um die Abgrenzung der Arten geht. Damit gibt er erst die Voraussetzung für jede ökologische Arbeit. Aus der Arbeit von ROTTGARDT (1952) lassen sich diese Ansichten mit Beispielen belegen: R. faßt die — eingestandenermaßen — taxonomisch schwierigen *Cribrononion*-Arten teilweise unter dem Sammelbegriff „*Elphidium granulatum*“ zusammen, wie aus seinem Material einwandfrei hervorgeht. Dadurch wurde z. B. übersehen, daß eine vielfach aus Nordsee-Watten beschriebene Form des wärmeren Flachwassers auch in der Ostsee vorkommt und dort ebenfalls auf warmes Oberflächenwasser der Strandzone beschränkt ist (trotz niedrigeren Salzgehalts).

Im Interesse einer Regional-Nomenklatur mag es auch zunächst wünschenswert erscheinen, eng an Publikationen über die benachbarten Gebiete anzuschließen. So könnte man z. B. die *Cibrononion*-Arten der Ostsee diskussionslos zu den im Nordseegebiet üblichen Artnamen stellen. Es erscheint aber sinnvoller, sie in erster Linie mit Arten aus ähnlichen Biotopen zu vergleichen. Gerade die auffälligen Beziehungen der Ostseefauna zu den aus der Arktis beschriebenen Foraminiferen-Faunen bieten dafür ein gutes Beispiel. Ohne mühevollen und vielfach zunächst nur bruchstückhaft mögliche taxonomische Vergleichsarbeit auf weltweiter Ebene können Foraminiferen-Arbeiten nicht mehr ernst genommen werden.

Zu den Namensänderungen in dieser Arbeit muß ferner gesagt werden, daß es sich nicht um „ausgegrabene“ Namen handelt, die etwa eindeutige, bislang allgemein gebräuchliche Synonyma ersetzen sollen. Selbst im Falle des Artnamens *Cibrononion excavatum*, der durch kritiklose Übernahme einer CUSHMAN'schen Fehlbestimmung in der jüngeren Literatur (VOORTHUYSEN, HAAKE, FEYLING-HANSEN) vielfach falsch verwendet wird, ist der Name von mehreren Autoren daneben auch im korrekten Sinne des ursprünglichen Autors aufgefaßt worden (HERON-ALLEN & EARLAND, ROTTGARDT).

Unter der Rubrik „Material“ werden die Katalognummern angegeben, unter denen das gesamte Material im Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Kiel aufbewahrt wird (UKG 1311—1335). Ferner wird unter dieser Rubrik angegeben, auf wieviel Exemplare die taxonomische Stellungnahme begründet ist. Dabei handelt es sich um die in Einzelzellen isolierten, wirklich untersuchten Exemplare; in den meisten Fällen sind in den ausgewerteten Proben natürlich weit mehr vorhanden.

Die unter der Rubrik „Verbreitung“ gemachten Angaben sollen sich im allgemeinen nur auf die Ostsee beziehen.

## 2. Sandschaler

*Astrammia sphaerica* (HERON-ALLEN & EARLAND 1932)

Taf. 1; Taf. 14, Fig. 1—3

\* 1932 *Armurella sphaerica*, sp. n. — HERON-ALLEN & EARLAND, South Atlantik 4, S. 257, Taf. 2, Fig. 4—11.

- v 1935 *Armoredella sphaerica* HERON-ALLEN & EARLAND — RHUMBLER, Kieler Bucht I, S. 171, Taf. 6, Fig. 87—91, Taf. 7, Fig. 92—101.  
 1947 *Armoredella sphaerica* HERON-ALLEN & EARLAND — HÖGLUND, Gullmar Fjord, S. 55, Taf. 5, Fig. 1—8.  
 v 1952 *Armoredella sphaerica* HERON-ALLEN & EARLAND — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 176, Taf. 1, Fig. 13.  
 1964 *Astrammmina sphaerica* (HERON-ALLEN & EARLAND) — LOEBLICH & TAPPAN, Treatise, S. C 184, Fig. 103/3.

Material: 48 Exemplare. Belegstücke UKG 1311.

Bemerkungen: Die Zugehörigkeit der Ostseeformen zu *A. sphaerica*, die ursprünglich aus dem Südatlantik aus Wassertiefen zwischen 110 und 270 m beschrieben wurde, wurde bereits von RHUMBLER (1935) und HÖGLUND (1947) ausführlich begründet.

Die Art ist sehr variabel (Taf. 1), ohne daß in den verschiedenen Gebieten der Ostsee besondere Modifikationen erkennbar wären. Die für einzelne, abweichende Varianten aufgestellten Ternär-Namen RHUMBLER's sind jedoch in Übereinstimmung mit HÖGLUND als überflüssig abzulehnen. — HÖGLUND stellt auch angeheftete Formen „with a certain hesitation“ zu dieser Art (Taf. 5, Fig. 9). Diese Zuordnung sollte zunächst experimentell nachgeprüft werden, zumal sich die angehefteten Sandschaler der Ostsee leicht halten lassen.

Gattungsname: LOEBLICH & TAPPAN stellen im „treatise“ die Gattung *Armoredella* in die Synonymie von *Astrammmina* RHUMBLER 1931. Nach RHUMBLER (1935, S. 170, Fußnote 29) besteht der Unterschied in dem „dickeren Wandgefüge“ von *Astrammmina*. Da hierüber nichts Näheres bekannt ist und es sich leicht um Unterschiede von nur spezifischem Rang handeln kann, ist der ältere Gattungsname zu verwenden.

Gefärbte Gehäuse: Gefärbte, d. h. „lebende“ Exemplare können im getrockneten Zustand nur nach Aufbrechen der Gehäuse einwandfrei identifiziert werden. Das Protoplasma schrumpft bei der hier angewandten Aufbereitungsmethode zu einem Klümpchen zusammen, das auf so kleiner Fläche der Wandung anliegt, daß es von außen nicht ausgemacht werden kann. Die meisten Gehäuse mußten also beim Auszählen zerstört werden.

Verbreitung: Nach HÖGLUND (1947) im Gullmar Fjord und im Skagerak überall ab 32 m Wassertiefe, jedoch nie häufig. — In der Beltsee nur vereinzelt in Tiefen um 20 m. Häufiger im Arkonabecken zwischen 35 und 45 m. Weiter östlich (bis Stolper Rinne) nur leere Gehäuse. Auf Schlick, sandigem Schlick und Bänderton, ohne erkennbare Abweichungen.

#### *Hippocrepina flexibilis* (WIESNER 1931)

Taf. 2; Taf. 14, Fig. 4—8

- \* 1931 *Techinitella flexibilis* n. sp. — WIESNER, Südpolar-Expedition, S. 85, Taf. 7, Fig. 75.  
 1933 *Hippocrepina flexibilis* (WIESNER) — EARLAND, South Georgia, S. 68, Taf. 2, Fig. 12—15.  
 v 1935 *Hippocrepinella remanei* sp. nov.! — RHUMBLER, Kieler Bucht I, S. 151, Taf. 1, Fig. 20—23, Taf. 2, Fig. 25—42.

Material: 58 Exemplare. Belegstücke UKG 1312.

Beschreibung: Unregelmäßig eiförmige Gehäuse mit sehr dünner, im lebenden Zustand biegsamer Wandung, die aus feinsten Mineralkörnern agglutiniert wird

und häufig beim Trocknen gefältelt oder eingedellt wird. Die Mündung ist sehr klein und befindet sich meist an einem der zugespitzten Enden des Gehäuses; oft ist auch am entgegengesetzten Gehäuseende eine kleine punktförmige Mündung ausgebildet. Weitere Öffnungen können seitlich davon gebildet werden.

Bemerkungen zur Taxonomie: Sicherlich gehören die in der Beltsee und der mittleren Ostsee allgemein verbreiteten Formen zu einer Art. Die Variabilität ist beträchtlich (Taf. 2), dennoch ist es ausgeschlossen, daß sich weitere Unterteilungen im Sinne von RHUMBLER (1935) durchführen lassen.

Die Gattungszuordnung ist unsicher und nur vom Ostsee-Material ausgehend nicht eindeutig durchzuführen. Bereits EARLAND (1933, S. 69) betont, daß sich die von HERON-ALLEN & EARLAND 1932 aufgestellte Gattung *Hippocrepinella* von *Hippocrepina* PARKER 1870 nur durch die Zweitmündungen und etwas glattere Schale unterscheidet. Auch RHUMBLER (1935), dessen Material durchgesehen wurde, ist in der Gattungsauffassung unsicher gewesen: er konstatiert (S. 158, unten) engste Verwandtschaft zwischen *Hippocrepina indivisa* und *Hippocrepinella hirudinea*, obwohl die Arten einer Gattung natürlich untereinander enger verwandt sein sollten als mit den zu anderen Gattungen gehörigen Arten. — Eine strenge Trennung nach dem Vorhandensein der Zweitmündung erweist sich an unserem Material als unmöglich, da ein Teil der zu einer Population gehörenden Gehäuse nur eine Mündung, ein anderer Teil dagegen zwei oder drei Mündungen aufweist. Wenn schon diese Gesichtspunkte gegen eine Verwendung der Gattung *Hippocrepinella* sprechen, so werden die Verhältnisse durch die Feststellungen LOEBLICH & TAPPAN's (1964, treatise) zusätzlich kompliziert. Nach diesen Autoren, die die Typart der Gattung *Hippocrepinella* neu untersuchten und einen Lectotyp abbildeten (Fig. 105/8, S. C 188), ist *Hippocrepinella* als Synonym von *Bathysiphon* aufzufassen. Diese wohl auf der langgestreckten, walzenförmigen Gehäuseform der Typart beruhende Auffassung kann anhand des vorliegenden Materials nicht näher beurteilt werden. Dennoch erscheint es angebracht, die alte Gattung *Hippocrepina* zunächst weiter zu fassen und auch solche Arten in diese Gattung zu stellen, die wegen der Zweitmündungen bisher zu *Hippocrepinella* gerechnet wurden, jedoch wegen ihrer sonstigen Eigenschaften sicher nicht zu *Bathysiphon* gehören können.

Verbreitung: Beltsee und Mittlere Ostsee bis Stolper Rinne. Einige Maxima konnten in Gebieten mit schnell wechselnden hydrographischen Bedingungen beobachtet werden (Bornholmstätt, Sund-Profil). In der Beltsee nicht im Bereich des ausströmenden Oberflächenwassers.

Maße: Länge 0,17 bis 0,4 mm, Durchschnitt 0,25 mm.

Dicke 0,17 bis 0,2 mm.

#### *Tholosina vesicularis* (BRADY 1879)

Taf. 3; Taf. 14, Fig. 10—12

\* 1879 *Placopsilina vesicularis*, n. sp. — BRADY, Notes Challenger, S. 51, Taf. 5, Fig. 2.

v 1935 *Tholosina vesicularis* (BRADY) — RHUMBLER, Kieler Bucht 1, S. 165, Taf. 5, Fig. 67—69.

Material: 90 Exemplare. Belegstücke UKG 1313.

Beschreibung: Die Gehäuse sind aus feinen Quarzkörnern agglutiniert, deren Durchmesser meist zwischen 0,01 mm und 0,04 mm liegt. In den Zwickeln zwischen den Körnern ist auch noch feinkörnigeres Material eingebaut, daneben auch einzelne gröbere Körner bis zu 0,15 mm Durchmesser. Die Gehäusegestalt ist flach helmförmig, oft mit hutkrempenartigem Rand. Die Gehäuse sind an festen Unterlagen

angeheftet, deren unterschiedliche Oberflächen die Gehäusegestalt beeinflussen (vgl. Taf. 3, Fig. 2, 7). Einzelne Algenstengel können durch die Gehäuse hindurchragen und nach ihrem Absterben Mündungen vortäuschen. Von der Anheftungsseite kann man durch eine fensterartige Öffnung in das Innere der abgelösten Gehäuse sehen; Wandausbuchtungen oder dergleichen sind nicht zu beobachten. Das Gehäuseinnere wird zur Unterlage hin durch eine feine Membrane (keratinöse Innenhaut?) abgeschlossen, die sich auch bei getrockneten Exemplaren als recht widerstandsfähig erweist. In feuchtem Zustand sind die Gehäuse elastisch, lassen sich jedoch (wegen der Innenhaut?) nur schwer mit der Nadel zerstören.

Die Variabilität der Art ist außerordentlich groß (Taf. 3) und reicht von helmförmigen Gehäusen mit relativ regelmäßigem, ovalem Rand zu flachen Gehäusen mit sehr vielen unregelmäßigen Fortsätzen („Stolonen“ bei RHUMBLER, s. Taf. 3, Fig. 11).

Bemerkungen zur Taxonomie: Da aufsitzende Foraminiferen im Rahmen dieser Studie nur untergeordnet untersucht wurden, konnten einige Probleme nur gestreift werden. Es besteht aber der Verdacht, daß die übrigen von RHUMBLER ausgeschiedenen *Tholosina*-Arten nur Wuchsformen sind, die sich aus der Verschiedenartigkeit des Untergrundes ergeben (z. B. gedrungene, kugelförmige Gestalt bei dünnen Stengeln als Untergrund). Dazu gehören *Tholosina bulla* (BRADY) und *Th. protea* HERON-ALLEN & EARLAND.

Weiterhin muß noch überprüft werden, ob nicht einige der von GOES (1894) aufgestellten und durch HÖGLUND (1947) neu abgebildeten *Crithionina*-Arten in die Synonymie dieser Art zu stellen sind, da die bisherigen Abbildungen eine Beurteilung nicht zulassen.

Nach RHUMBLER (1935, S. 163) und LOEBLICH & TAPPAN (1964, treatise, S. C 205) unterscheidet sich *Tholosina* von *Hemisphaerammina* durch Mündungen, die zwischen Gehäuserand und Unterlage ausgebildet sind. Solche als Austrittsstellen für Pseudopodien dienende Ausbuchtungen konnten nur an lebendem Material beobachtet werden, während sie an getrockneten Gehäusen fehlen. Offenbar sind diese Ausbuchtungen des biegsamen Gehäuses je nach Lebenstätigkeit vorhanden oder nicht vorhanden. Ihre Bedeutung als Gattungsmerkmal ist also zweifelhaft. Da die Gattung *Tholosina* älter als die erst 1957 als Ersatz für *Webbinella* aufgestellte Gattung *Hemisphaerammina* ist, besteht die Möglichkeit, sie auch auf diese mündungslos erscheinenden Formen auszudehnen.

Von *Crithionina heincke* unterscheidet sich die Art vor allem durch die gröbere und ungleichmäßigere Agglutinierung und durch die stabilere Beschaffenheit der Schale. Außerdem haben die zu *C. heincke* gestellten Formen fast immer deutliche Mündungen ausgebildet, so daß sich die beiden zusammen siedelnden Arten immer auseinanderhalten lassen.

Verbreitung: An Rotalgen und Steinen in Tiefen ab 15 m in der gesamten Beltsee. Da systematische Studien der Algenbesiedlung noch ausstehen, ist die Angabe als lückenhaft anzusehen.

Maße: Länge zwischen 0,5 und 2,7 mm.

#### *Crithionina heincke* RHUMBLER 1928

Taf. 4; Taf. 14, Fig. 9

\* 1928 *Crithionina heincke* sp. nov. — RHUMBLER, in GRIMPE & WAGLER, Tierwelt Nord- und Ostsee, S. 8, Taf. 4, Fig. 4.

v 1935 *Crithionina heincke* RHUMBLER 1928 — RHUMBLER, Kieler Bucht 1, S. 161, Taf. 4, Fig. 57—59.

Material: 140 Exemplare. Belegstücke UKG 1314.

Beschreibung: Die Gehäusewandung wird aus sehr feinem, relativ gleichkörnigem Quarzstaub agglutiniert; die Gestalt ist flach linsenförmig bis unregelmäßig oval. Die Gehäuse werden an verschiedene Unterlagen angeheftet (wie auch bei *Tholosina vesicularis*) und sind nach der Unterlage hin meist offen, zum Teil aber auch (mit etwas dünnerer Wandung als sonst) abgeschlossen (Taf. 4, Fig. 26). Bei der Mehrzahl der Stücke ist eine Mündung ausgebildet, bei anderen sind zwei vorhanden. Bei einigen Exemplaren konnte ein (wohl beim Trocknungsvorgang) eingesunkener Mündungskragen beobachtet werden (Taf. 4, Fig. 3). Abgelöste Exemplare zeigen von unten deutlich zerlappte Anheftungsränder; aufgebrochene Gehäuse auch häufig kleine nach innen gerichtete Auswüchse aus der Wandung. Die Schalenwand ist formveränderlich und schrumpft beim Trocknen, so daß Innenbau und Gestalt von Trockenpräparaten ausgehend nur schwer beurteilt werden können. Angefeuchtete Gehäuse lassen sich mit dem Pinsel leicht zerdrücken, der Zusammenhalt der Körnchen ist also sehr gering; eine stützende Innenhaut scheint zu fehlen (Unterschied gegenüber *Tholosina vesicularis*).

Bemerkungen zur Taxonomie: Ähnlich wie bei *Tholosina vesicularis* muß damit gerechnet werden, daß älteren, aber ungenügend untersuchten Arten die Priorität zukommt. — Die Gattung *Crithionina* RHUMBLER 1895 unterscheidet sich von *Tholosina* durch Auswüchse aus der Wandung, die in den Schaleninnenraum hineinragen. Diese Diagnose beruht aber lediglich auf drei Schnitten, die HÖGLUND (1947) vom Generotyp *C. manilla* GOES anfertigte. Weitere Untersuchungen über die Natur dieser Auslappungen an Topotypen sind erforderlich. Bei den vorliegenden Exemplaren konnten nur bei wenigen aufgebrochenen Gehäusen und in einigen Schnitten solche Auslappungen andeutungsweise beobachtet werden. Die bei Aufsicht auf die Anheftungsfläche sichtbaren Zerlappungen des Anheftungsrandes (Taf. 4, Fig. 6, 7, 12) ragen nicht weiter in den Innenraum des Gehäuses hinein.

Verbreitung: Zusammen mit *Tholosina vesicularis* auf Rotalgen und Steinen in Tiefen ab 15 m in der Beltsee bis Gedser.

Maße: Länge 0,3 bis 1,1 mm.

#### *Reophax aduncus* BRADY 1882

Taf. 5, 6; Taf. 14, Fig. 13, 14, 17—21

\* 1882 *Reophax adunca* n. sp. — BRADY, Farøe Channel, S. 715.

1884 *Reophax adunca* BRADY — BRADY, Challenger Expedition, S. 296, Taf. 31, Fig. 23—26.

v 1952 *Reophax* sp. MONTFORT — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 178.

Material: 120 Exemplare. Belegstücke UKG 1315.

Beschreibung: Das Gehäuse wird aus Sand unterschiedlicher Korngrößen agglutiniert; besonders bei großen, adulten Gehäusen (Taf. 6, Fig. 15) finden sich häufig einzelne sehr grobe Körner bis zu 0,4 mm  $\varnothing$ . Die Gehäusegestalt ist äußerst variabel und kann infolge der Zerbrechlichkeit bislang nur unvollständig beurteilt werden. Im allgemeinen enthalten die Schlämmrückstände neben sehr vielen Einzelkammern (Taf. 14, Fig. 13) nur Kammerreihen (Gehäuseteile) von drei bis sieben Kammern. Die Größenzunahme von Kammer zu Kammer ist ungleichmäßig, so daß das Wachstumsende des Gehäuses (die Endkammer) oft nicht sicher zu bestimmen ist. Die Kammern sind im Umriß meist länglich-oval, können aber auch wesentlich niedriger und aufgebläht sein. Auch zugespitzte, birnenförmige Kammern geben oft keinen Hinweis auf die Wachstumsrichtung (vgl. Taf. 14, Fig. 17, zwei

gegeneinander gerichtete birnenförmige Kammern). Schnittbilder zeigen, daß die neugebildeten Kammern die älteren nicht umfassen, d. h. Rand sitzt auf Rand (Taf. 5, Fig. 9, 11, 12). Ein Teil der Gehäuse ist an diesen Nahtstellen im feuchten Zustand gelenkartig verbiegbare. Einige Exemplare zeigen im Schnittbild deutlich Detritus-Pfropfen, die die Mündungspartie ausfüllen (Taf. 5, Fig. 8, 9). — Es muß damit gerechnet werden, daß auch in der Natur die Kammerreihen auseinanderbrechen und die Gehäuse dann beidseitig weiterwachsen können; möglicherweise gehören solche Teilungen zum normalen Fortpflanzungszyklus der Art. Sehr kleinwüchsige Gehäuseteile (Taf. 6, Fig. 16), die offenbar wegen ihrer Zerbrechlichkeit sehr selten sind, deuten darauf hin, daß zumindest die mikrosphären Gehäuse viel länger und vielkammeriger werden, als aus den bisherigen Funden hervorgeht.

Bemerkungen zur Taxonomie: *Nodosinum gaussicum* (RHUMBLER) ähnelt im äußeren Bild und zeigt analoge Kammerverbindungen; die für *Nodosinum* typischen Mündungs-Innenrippen fehlen jedoch. Auch einige der als *R. nodulosus* BRADY abgebildeten Stücke zeigen Übereinstimmung mit den vorliegenden Ostseeformen; das als Holotyp anzusehende Exemplar (BRADY, Challenger-Exped., Taf. 31, Fig. 6, 9) ist jedoch wesentlich regelmäßiger gebaut und hat zudem umfassende Kammern.

Demgegenüber zeigt die gleichmaßstäbliche Wiedergabe der Originalabbildungen von *R. aduncus* BRADY auf Taf. 6 (Fig. 1—4), daß die vorliegenden Formen im Umriß weitgehend mit dieser Art übereinstimmen. In der Beschreibung weist BRADY (1882) darauf hin, daß die Gehäuselänge nur ungenau ermittelt werden kann, weil nur Fragmente gefunden werden. 1884 erwähnt er außerdem, daß sich infolge der Ähnlichkeit der Einzelkammern untereinander nur schwer das Wachstumsende feststellen läßt und daß möglicherweise an beiden Enden neue Kammern angefügt werden können. Diese Befunde bekräftigen die Zuordnung zu *R. aduncus*.

Im Durchschnitt scheinen die Ostseeformen etwas länglichere Kammern zu bilden als die von BRADY abgebildeten Exemplare. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß über die Variationsbreite der Art an der Typlokalität (Farøer-Rinne, 970 m Wassertiefe) praktisch nichts bekannt ist, zumal die von BRADY abgebildeten Stücke aus ganz verschiedenen Gebieten stammen (Südatlantik, Pazifik, Indischer Ozean). Deswegen kann nicht entschieden werden, ob sich die Ostseeformen etwa bereits soweit isoliert weiter entwickelt haben, daß eine Abtrennung von den Tiefseeformen — etwa als Unterart — berechtigt wäre.

*R. aduncus* ist nach *Tholosina vesicularis* und *R. dentaliniformis* die dritte Ostseeart, die auf Grund der Gehäusmorphologie an Tiefseearten (Wassertiefen zwischen 1000 und 4750 m) angeschlossen werden kann.

Verbreitung: Hauptverbreitungsgebiet in der Beltsee südlich des Großen Belts im Bereich des einströmenden Nordseewassers. Nach Osten nur bis zum Westhang der Darsser Schwelle nachweisbar. Wie auch bei *Ammotium cassis* ist der Prozentsatz der lebenden Exemplare größer als der der toten, so daß man annehmen kann, daß die Besiedlungsdichte der Art zur Zeit zunimmt. Weiterhin ist auffällig, daß RHUMBLER auch diese häufige Form nicht erwähnt. Es kann also damit gerechnet werden, daß sich sowohl *A. cassis* als auch *R. aduncus* erst nach 1932 stärker in der Beltsee verbreitet haben.

Maße: Längstes Exemplar 4 mm.

Einzelkammern: 0,2 bis 0,5 mm.

Statistische Auswertung: Einzelkammern wurden als ganze Exemplare gezählt, da nicht bekannt ist, wieviel Kammern zu einem adulten Tier gehören. Der in den Diagrammen dargestellte prozentuale Anteil ist daher etwas übertrieben. Andererseits ist er sicher auch durch die Zerbrechlichkeit der Gehäuse reduziert.

*Reophax dentaliniiformis regularis* HÖGLUND 1947

Taf. 7—9; Taf. 14, Fig. 15—16, 22—29

- v 1936 *Reophax dentaliniiformis* BRADY — RHUMBLER, Kieler Bucht II, S. 182, Abb. 129—144 (formae *compactilis*, *rapulum*, *nodulosus*).
- v 1936 *Reophax scorpiurus* MONTFORT — RHUMBLER, Kieler Bucht II, S. 187, Abb. 145.
- \* 1947 *Reophax regularis* n. sp. — HÖGLUND, Gullmar Fjord, S. 86, Taf. 9, Fig. 11 bis 12, Taf. 26, Fig. 37—43, Taf. 27, Fig. 24—27, Abb. 53 auf S. 89.
- v 1952 *Reophax subfusiformis* EARLAND — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 178, Taf. 1, Fig. 16, Abb. 7.
- v 1952 *Reophax dentaliniiformis* BRADY, pars! — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 178.

Material: ca. 700 Exemplare. Belegstücke UKG 1316.

Beschreibung: Das Gehäuse wird aus Sand unterschiedlicher Korngrößen agglutiniert; auf Tafel 7—9 sind jeweils bei einigen Figuren die größten Körner durch Umrißlinien angedeutet. In vielen Populationen werden neben Quarzkörnern mehr oder weniger viel dunkle Mineralkörner (Hornblende, Augit, Turmalin usw.) agglutiniert (s. Taf. 14, Fig. 15—16). Daneben kommen Populationen vor, die kaum dunkle Körner zeigen wie z. B. die aus dem Gotlandbecken. Offenbar richtet sich die Kornauswahl nach dem Sedimentangebot; eine „Selektivität“ der Art ist nicht nachweisbar.

Es handelt sich um typische *Reophax*-Gehäuseformen, Gestalt und rectilineare Anordnung der im Querschnitt kreisrunden Kammern ist weitgehend aus Taf. 7—9 ersichtlich. Im Gegensatz zu *R. aduncus* umfassen die neugebildeten Kammern die vorhergehenden. Auch vorsichtig aufgeschnittene, gefärbte Gehäuse lassen jedoch keine Innen-Unterteilungen mehr erkennen, so daß man annehmen muß, daß nach Neubildung einer Kammer die Mündungspartie der vorhergehenden Kammer wieder resorbiert wird. Die Wandungen der älteren Kammern ragen dadurch nur wenig in das Gehäuseinnere hinein (vgl. Abb. 4).

Die Art ist im Ostseebereich äußerst variabel. Die Variationsbreiten in den verschiedenen Gebieten sind aus Tafel 8 und 9 ersichtlich. Demnach verlagert sich im Bereich des Salzwassereinstroms südlich des Großen Belts der Schwerpunkt zu schlanken Gehäuseformen mit relativ hohen Kammern (gemessen von Sutura zu Sutura). Dieser Typ kommt in östlicher Richtung bis Bornholm vor. Er ist dort allerdings auf das salzhaltigere Einstromwasser am Boden des Arkonabeckens beschränkt; wenige Meter über der durchschnittlichen Grenze der Wassermassen siedeln bereits Populationen mit niedrigeren Kammern und plumperem Umriß. Auch weiter östlich (Stolper Rinne, Gotlandbecken) tritt nur dieser gedrungene Gehäusotyp auf, so daß es naheliegt, einen Zusammenhang mit dem Salzgehalt des Wassers anzunehmen. Auf Abb. 5 wurden Variationskurven für den Breiten/Höhen-Index der vor- und drittletzten Kammern zusammengestellt, die sich aus etwa 1000 Messungen an 10 verschiedenen Populationen ergaben. Es wird deutlich, daß die Maxima der südlich des großen Belts siedelnden Populationen am weitesten „links“, d. h. im Bereich des hohen Kammertyps liegen. Nach Osten zu ergibt sich dann über Arkonabecken und Stolper Rinne eine deutliche Verlagerung nach „rechts“ zu der niedrigeren Kammerform. Daß diese Veränderung eher mit dem nach Osten zu abnehmenden Salzgehalt als der zunehmenden Wassertiefe zusammenhängt, zeigt die Population von St. 307 aus der Eckernförder Bucht (18 m Wassertiefe), die ebenfalls bereits deutlich zu dem niedrigen Kammertyp tendiert.



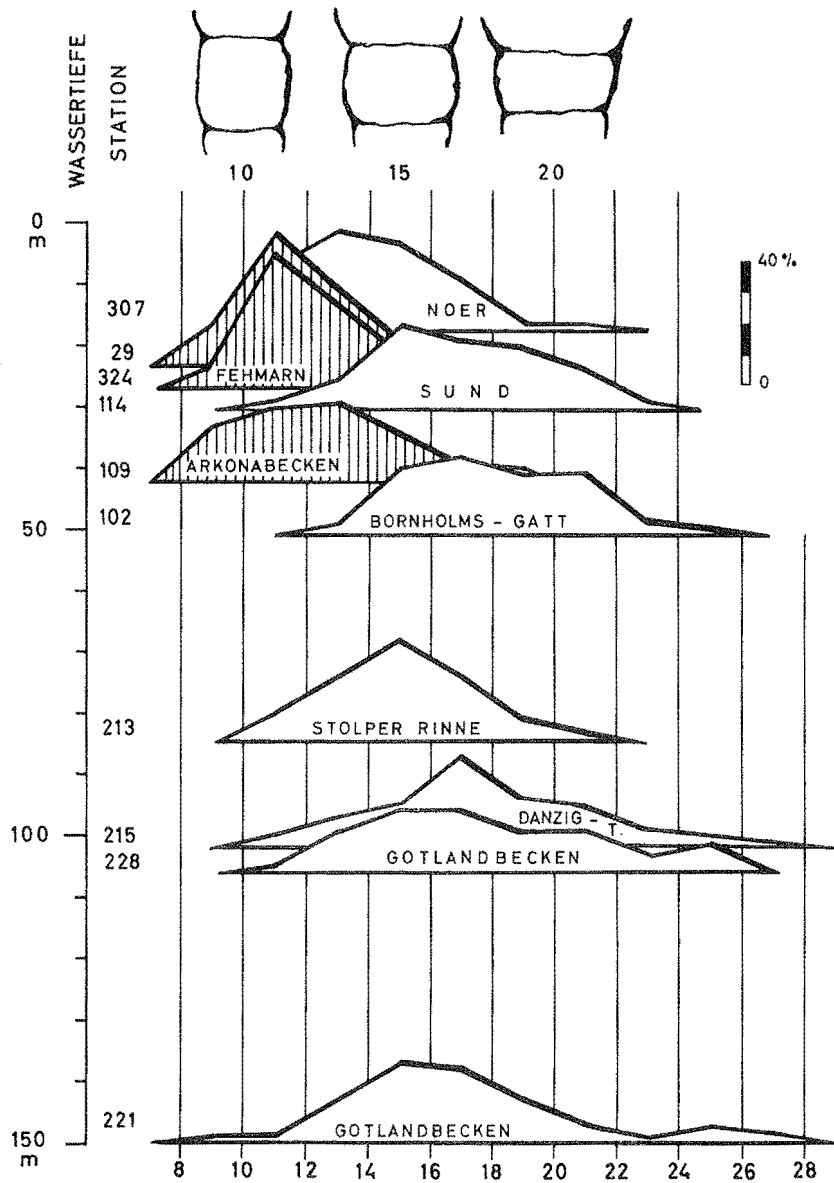


Abb. 5: Variabilität der Kammerhöhe von *Reophax dentaliniiformis*. — Dargestellt wurden Variationskurven des Breiten-Höhen-Index der vor- und drittletzten Kammer (Kammerbreite  $\times 10$  / Kammerhöhe).

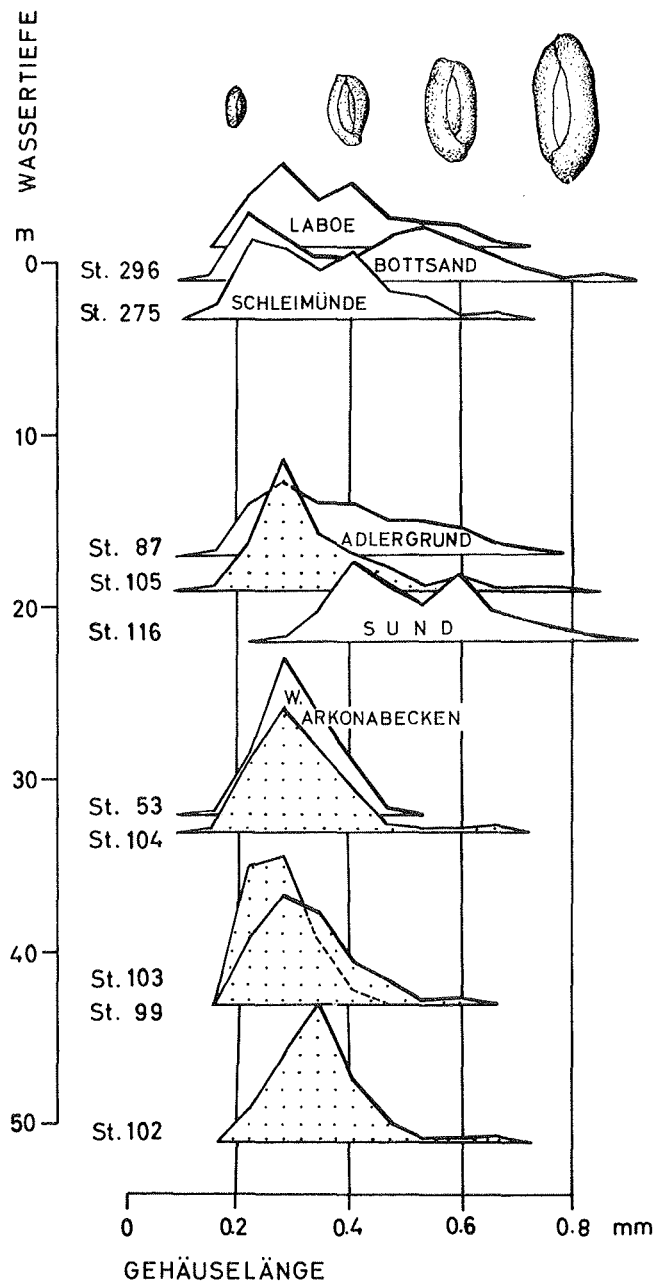


Abb. 6: Variationsbreite der Gehäusegröße von *Miliammina fusca* (BRADY) in verschiedenen Gebieten und Wassertiefen der Ostsee. — Punktsignatur: Bornholmsgatt, vergl. Abb. 21.

Bemerkungen zur Taxonomie: Bereits HÖGLUND (1947) fand, daß die Taxonomie der Gattung *Reophax* „chaotisch“ sei. Die Ursache für diesen auch hier zu bestätigenden Umstand liegt natürlich in der Merkmalsarmut und der großen Variabilität der Arten. Es liegt der Verdacht nahe, daß sich bei manchen *Reophax*-Arten mit rein morphologischen Kriterien (Gehäusebau) keine befriedigende natürliche Systematik erreichen läßt.

Aus dem vorliegenden Material läßt sich nicht klären, ob die beiden ökologisch und morphologisch verschiedenen Typen bereits genetisch differenziert sind. Ebenso gut ist es möglich, daß eine Unterart mit relativ weitgespannter Modifikationsbreite vorliegt (vgl. LUTZE 1964). Das auch auf Abb. 5 sichtbare Überlappen der ohnehin beträchtlichen Variationsbreiten spricht eher für diese letztere Deutung. Die durch die Abbildungen (Taf. 7—9) hinreichend umrissene Formengruppe wird daher in dieser Arbeit als taxonomische Einheit aufgefaßt. Die nomenklatorische Schwierigkeit besteht darin, daß der schlanke Gehäusotyp in der Mehrzahl der Varianten den Original-Abbildungen entspricht, die BRADY 1884 für *R. dentaliniformis* gab; während der gedrungene Typ mit niedrigeren Kammern weitgehend den von HÖGLUND 1947 abgebildeten Exemplaren von *R. regularis* HÖGLUND entspricht (vgl. die Nachzeichnungen der Originale mit den Umrißskizzen der Ostseeformen, Taf. 7, Fig. 3 und 9 bzw. Fig. 5 und 13!). Leider ist über die Variationsbreite von *R. dentaliniformis* an der Typlokalität (Nordatlantik, NW-Irland, 1150 m Wassertiefe) nichts bekannt. Da auch andere aus tieferem Wasser beschriebene Arten (*R. aduncus*, *Tholosina vesicularis*) in der Ostsee vorkommen, besteht jedoch m. E. kein Grund, von der RHUMBLER'schen Zuordnung zu *R. dentaliniformis* abzuweichen. Solange jedoch nicht bekannt ist, ob auch an der Typlokalität gedrungene Gehäusotypen ausgebildet werden, kann man darin zunächst eine Besonderheit der Ostseeformen sehen. Der Unterschied läge also in der Eigenschaft, in besonderen (salzärmeren) Biotopen den Gehäusebau modifizieren zu können. Diese Auffassung soll in der Benutzung des HÖGLUND'schen Namens *regularis* als Unterart von *R. dentaliniformis* zum Ausdruck kommen. Diese Benennung ist also vorläufig; sollte sich herausstellen, daß auch in anderen Meeren eine ähnliche Modifikationsbreite (die die gedrungenen Formen einschließt) vorliegt, dann könnte *R. regularis* auch als Unterart nicht mehr aufrechterhalten werden.

Keinesfalls sollte die Unterart *regularis* von späteren Autoren in der leider häufigen, kritiklosen Weise wieder zur Art erhoben werden. Das sollte nur geschehen, wenn Hinweise gewonnen würden, daß die beiden morphologischen Typen bereits genetisch differenziert sind.

ROTTGARDT (1952) stellt einige seiner Exemplare (lt. Beschriftung der Zellen) zu *R. subfusiformis* EARLAND, andere zu *R. dentaliniformis*, obwohl keine Unterschiede feststellbar sind, die nicht den normalen Variationsbreiten in der Kieler Bucht entsprächen. Die Original-Abbildungen von *R. subfusiformis* können an Hand der Umrißskizzen auf Taf. 7 mit den Ostseeformen verglichen werden.

Auch RHUMBLER (1936) versuchte, die Variabilität der Art durch stärkere taxonomische Aufspaltung zu erfassen, äußert aber bereits die Vermutung, daß seine „formae“ keine genetische Bedeutung haben, was mit den vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden kann.

HÖGLUND (1947) gibt für *R. regularis* an, daß nur Quarzkörner agglutiniert werden, während die hier gemachten Beobachtungen eher dafür sprechen, daß die Materialauswahl vom Sedimentangebot abhängt (s. o.).

Verbreitung: Über die unterschiedliche Verbreitung der „schlanken“ und der „gedrungenen“ Form siehe unter „Beschreibung“. — Die Unterart besiedelt die

gesamte Ostsee und erweist sich damit als eine der gegenüber Salzgehaltserniedrigungen am unempfindlichsten Arten. In der mittleren und östlichen Ostsee ist sie meist auf die Schwellenregionen beschränkt, während in den Becken die Gattung *Cribrononion* vorherrscht (Abb. 26). Demnach scheint sie eher niedrige Salzgehalte zu tolerieren als die in den Becken häufig unter 1,5 ml/l absinkenden Sauerstoffgehalte.

Die Unterart fehlt im Bereich des ausströmenden Oberflächenwassers. Auch in der Kieler Bucht wurde sie bisher nur unterhalb 15 m Wassertiefe beobachtet.

Erst östlich von Gedser erreicht *R. dentaliniformis regularis* prozentuale Häufigkeiten von 20 bis 30% und mehr.

Maße: Längstes Exemplar 2,6 mm.

Kammerzahl 9.

*Miliammina fusca* (BRADY 1870)

Taf. 15, Fig. 1—9

- \* 1870 *Quinqueloculina fusca*, nov. — BRADY, Tidal rivers, S. 87 u. 95, Taf. 11, Fig. 2—3.
- v 1936 *Miliammina oblonga* HERON-ALLEN & EARLAND — RHUMBLER, Kieler Bucht II, S. 207, Abb. 168—177.
- v 1952 *Miliammina oblonga* HERON-ALLEN & EARLAND — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 180, Taf. 1, Fig. 2.
- v 1952 *Miliammina fusca* BRADY — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 180, Taf. 1, Fig. 7.
- 1955 *Miliammina earlandi* nov. nom. — LOEBLICH & TAPPAN, Revision rec. Foram., S. 12, Fig. 15—16 (neuer Name für *M. „oblonga* HERON-ALLEN & EARLAND“).

Material: 300 Exemplare. Belegstücke UKG 1317.

Bemerkungen zur Taxonomie: RHUMBLER (1936) wie ROTTGARDT (1952) unterschieden zwei Arten: *M. oblonga* und *M. fusca*. RHUMBLER stellte nur subterrane Formen mit Keratinfenstern zu *M. fusca*. Auch ROTTGARDT gibt an, daß sich beide Arten trotz größter Schwierigkeiten nach der Wandungsbildung trennen ließen, „wenn man den Typ kennt“. Nach dem von ROTTGARDT deponierten Material ist aber eine Unterscheidung allenfalls nach der Gehäusegröße getroffen worden. Abb. 6 gibt Variationskurven der Gehäusegröße in verschiedenen Biotopen wieder. Es ist ersichtlich, daß nach der Größe keine Unterteilung möglich ist und daß es sich bei den größeren Gehäusen (über 0,7 mm) um Extremvarianten handelt. Die in einigen Kurven deutliche Zweigipfligkeit dürfte auf heranwachsende Jugendformen zurückzuführen sein. HAAKE (1965, Ms.) konnte zeigen, daß mit dem Heranwachsen und Absterben der Generationen solche zusätzlichen Gipfel der Größenkurven im Verlaufe eines Jahres mehrfach entstehen und wieder verschwinden, und deutet ihr Entstehen mit den Reproduktionszeiten.

Als besonderes Merkmal von *Miliammina „oblonga“* wird häufig ein sogenanntes Mündungszähnnchen genannt. Nach LOEBLICH & TAPPAN (treatise) handelt es sich dabei um „eingefaltete“ Teile der Wandung und bereits RHUMBLER (1936) erwähnt, daß das „Zähnnchen“ auch fehlen kann. Am vorliegenden Material kann beobachtet werden, daß engmündige Formen aus den Randgebieten des Arkonabeckens und dem Zentrum des Beckens häufig deutliche Zähnnchen zeigen (z. B. Taf. 15, Fig. 9 unten und Abb. 7b). Die im Litoralbereich der Kieler Bucht häufigen weitmündigen Gehäuse bilden dagegen meistens keinen Wandungsumschlag aus (Abb. 7c). Beide

Typen können jedoch innerhalb einer Population auftreten; das Vorhandensein des „Zähnhens“ dürfte von der Mündungsweite abhängen und keinen besonderen taxonomischen Wert haben.

Verbreitung: *Miliammina fusca* ist eine weltweit verbreitete Brackwasserart. Die Typlokalität ist eine englische Flußmündung. Auch in der Ostsee (Kieler Bucht) kommt die Art in Flußmündungen und im Litoralbereich vor und dringt nach RHUMBLER (1936) sogar in das Grundwasser vor. Dicht besiedelt sind auch vielfach Salzwiesen. Auf den Sandriffen der Kieler Bucht (Stoller Grund, Gabelsflach usw.) siedelt *M. fusca* nur, wenn diese längere Zeit hindurch in die salzarme Ausstromschicht hineinragen (ähnlich wie *Ammoscalaria runiana*). Sehr häufig (bis zu 100% der Gesamtfauuna) ist die Art in den Randgebieten des Arkonabeckens, während sie im Becken selbst nur etwa 5% der Totfauuna ausmacht. Auch hier kann sie nur in Zeiten geringen Salzwassereinstroms gedeihen.

Da östlich von Bornholm keine Proben aus dem Küstenbereich untersucht wurden, kann über die Ostverbreitung von *M. fusca* nichts ausgesagt werden (östlichstes Vorkommen: Stolper Rinne).

Die größte Wassertiefe mit zeitweilig starker *Miliammina fusca*-Besiedlung ist in der Ostsee 70 m; interessant ist, daß sie in South Georgia (Südatlantik, *M. „oblonga“*) mehrfach aus 270 m Tiefe erwähnt wird (EARLAND 1933, leere Gehäuse).

Maße: 0,2 bis 0,9 mm, einzelne Exemplare bis 1,2 mm.

*Cribrostomoides jeffreysi* (WILLIAMSON 1858)

Taf. 15, Fig. 10—13

\* 1858 *Nonionina jeffreysi*, nob. — WILLIAMSON, Great Britain, S. 34, Taf. 3, Fig. 72—73.

1884 *Haplophragmium canariensis* (D'ORBIGNY) — BRADY, Challenger, Taf. 35, Fig. 1—3, 5.

1947 *Labrospira jeffreysi* (WILLIAMSON) — HÖGLUND, Gullmar Fjord, S. 146, Taf. 11, Fig. 3.

1953 *Alveolophragmium jeffreysi* (WILLIAMSON) — LOEBLICH & TAPPAN, Arctic Foram., S. 31, Taf. 3, Fig. 4—7.

Material: 11 Gehäuse, z. T. „lebend“. Belegstücke UKG 1318.

Bemerkungen: Die Lage der Mündung ist bei einigen Stücken nicht genau zu erkennen; außerdem liegt der Mündungsschlitz ohnehin relativ nah an der Basis der letzten Kammer, so daß bei flüchtigem Hinsehen irrtümlich der Eindruck einer interiomarginalen Mündung entsteht (Formen dieses Typs mit marginaler Mündung gehören nach LOEBLICH & TAPPAN, treatise, zu *Haplophragmoides*).

Verbreitung: Wenige Einzelfunde kleinwüchsiger Exemplare (juvenil?) im Arkonabecken und Randgebieten. Häufiger nur auf Station 100 im Bornholmsgatt (Wassertiefe 53 m). Demnach 1963 bei Bornholm lebend.

Maße: Größter Durchmesser 0,45—0,62 mm.

*Ammotium cassis* (PARKER 1870)

Taf. 10; Taf. 15, Fig. 14—17

\* 1870 *Lituola cassis*, P. — PARKER in DAWSON, Lorenzstrom, S. 176, 177, Fig. 3.

v 1952 *Haplophragmium cassis* PARKER — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 180, Abb. 10, Taf. 1, Fig. 12.

1953 *Ammotium cassis* (PARKER) — LOEBLICH & TAPPAN, Arctic Foram., S. 33, Taf. 2, Fig. 12—18.

Material: ca. 700 Exemplare. Belegstücke UKG 1319.

Zur Beschreibung: Die Art ist in der Ostsee wesentlich variabler und großwüchsiger als in der Arktis (Vergleichsmaterial liegt vor). Auffällig sind die in der Beltsee häufigen Kammerauswüchse (Taf. 15, Fig. 16). Die im Arkonabecken vorkommenden Formen sind im Vergleich dazu regelmäßiger gebaut. Außerdem haben sie im Durchschnitt feineres Material agglutiniert, was mit den ja wesentlich feinkörnigeren Beckensedimenten zusammenhängen dürfte. Da in der Kieler Bucht zudem häufig Populationen mit deutlichem, von einer Kammer zur anderen erfolgenden Wechsel in der Korngröße vorkommen (Taf. 10, Fig. 9—11), erweist sich *A. cassis* als nicht selektive Sandschalerart, bei der die Korngröße des agglutinierten Materials nur vom jeweiligen Sedimentangebot abhängt. Auch innerhalb des Arkonabeckens folgt die Art noch den sedimentologischen Gegebenheiten: Auf den besonders feinkörnigen Sedimenten des südwestlichen Beckenteiles (Medianwert 1,68 Zetagrade) wird sehr feinkörniges Material agglutiniert (Taf. 10, Fig. 13—16), während auf den etwas grobkörnigeren Sedimenten des nordöstlichen Teils (Medianwert 1,5 Zetagrade) auch entsprechend grobkörnigere Gehäuse aufgebaut werden (Taf. 10, Fig. 17—25). Auch dunkle Mineralkörner werden, soweit im Sediment vorhanden, agglutiniert.

Verbreitung: *A. cassis* wurde ursprünglich aus der Gaspé-Bay am St. Lorenz Golf aus 20—30 m Wassertiefe beschrieben und später aus verschiedenen arktischen Meeresgebieten erwähnt. Es handelt sich also um eine ausgesprochene Kaltwasserart.

In der Beltsee gehört *A. cassis* zur Zeit zu den häufigsten Arten. Sie ist auf Gebiete beschränkt, die im Bereich des salzhaltigeren und im Sommer kühleren Einstromwassers liegen und kommt daher nicht flacher als 14 m vor. Die größte Siedlungsdichte erreicht die Art jedoch nicht im unmittelbaren Einstrombereich, sondern auf Böden, die in 14—19 m Tiefe liegen. Die Maxima der Art sind daher kranzförmig um die Untiefen der Kieler Bucht angeordnet.

Das Vorkommen der Art auf den sehr feinkörnigen Sedimenten des Arkonabeckens zeigt, daß nicht die an den Hängen der Untiefen noch gröbere Korngröße der Sedimente für diese Besiedlungs-Unterschiede ausschlaggebend ist. Eher kann damit gerechnet werden, daß das in dem fraglichen Tiefenbereich häufige Hin- und Herpendeln der Sprungschicht optimale Lebensbedingungen schafft (Nahrungsangebot, vgl. ökologischer Teil).

In der Totfauna des Arkonabeckens ist *A. cassis* die vorherrschende Art, während sie lebend nur in einem begrenzten Gebiet (nordöstlicher Beckenteil mit gröberen Sedimenten) gefunden wurde. Östlich des Bornholmsegatt wurde die Art bisher nicht gefunden.

In dem von RHUMBLER (1935, 1936) untersuchten Material, das größtenteils 1932 durch Prof. REMANE aufgesammelt wurde, befanden sich keine Gehäuse von *A. cassis*. Da es sich um eine sehr großwüchsige Form handelt, darf man annehmen, daß sie nicht übersehen worden ist. ROTTGARDT (1952), der die Art zum erstenmal erwähnt, fand nur relativ wenig Exemplare, wie ein Vergleich mit in der Nähe liegenden Stationen der vorliegenden Untersuchung zeigt:

|                          | <i>A. cassis</i> in 10 cm <sup>3</sup> an<br>3 Stationen ROTTGARDT's |     |    | vergangene Zeit seit<br>letzter Untersuchung |
|--------------------------|--|-----|----|--|
| RHUMBLER 1932 . . . . .  | —  | —   | —  |  |
| ROTTGARDT 1949 . . . . . | 20   | 0,3 | 3  | 17 Jahre                                     |
| LUTZE 1963 . . . . .     | 320  | 40  | 21 | 13 Jahre                                     |

Bei anderen Arten (*R. aduncus*, *A. runiana*, *M. fusca*) lagen die von ROTTGARDT festgestellten Häufigkeitswerte durchaus im Größenordnungsbereich der 1963/64

ermittelten Werte, so daß man kaum Unterschiede in der Probenentnahme für die Zunahme der Häufigkeit verantwortlich machen kann. Man kann also annehmen, daß *A. cassis* innerhalb der letzten 30 Jahre weite Teile der Beltsee und des Arkonabeckens besiedelt hat und weiter im Zunehmen begriffen ist. ROTTGARDT (1952, S. 188), der Neueinwanderung für ausgeschlossen ansieht, hält die Art für eine arktische Reliktform. Einzelfunde der Art in zwei Sedimentkernen aus der Eckernförder Bucht durch J. RESIG deuten ebenfalls darauf hin, daß *A. cassis* zumindest vereinzelt auch früher schon vorhanden war. Die Funde wurden in beiden Kernen in etwa 50 cm Sedimenttiefe gemacht; zufällige Verunreinigung wird dadurch unwahrscheinlich. Die Kerne aus dem Arkonabecken zeigen demgegenüber, daß *A. cassis* dort erst seit sehr kurzer Zeit siedelt.

Maße: Länge 1,2 bis 3,5 mm.

*Ammoscalaria runiana* (HERON-ALLEN & EARLAND 1916)

Taf. 11; Taf. 15, Fig. 18—20

\*1916 *Haplophragmium runianum*, sp. n. — HERON-ALLEN & EARLAND, Scotland, S. 224, Taf. 40, Fig. 15—18.

1947 *Ammoscalaria runiana* (HERON-ALLEN & EARLAND) — HÖGLUND, Gullmar Fjord, S. 162, Taf. 9, Fig. 23—24, Abb. 137.

v 1952 *Ammodiscus rhumbleri* n. sp. — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 179, Taf. 1, Fig. 6.

Material: 70 Exemplare. Belegstücke UKG 1320.

Bemerkungen zur Taxonomie: Die Fehldeutungen RHUMBLER's (der 1936 ein Exemplar als „*Ammodiscus incertus*“ abbildete) und ROTTGARDT's sind offenbar darauf zurückzuführen, daß die Kammerung von außen nicht ohne weiteres sichtbar ist. J. RESIG fand jedoch bereits 1962 bei einer ersten Durchsicht der ROTTGARDT'schen Belegstücke, daß es sich um eine gekammerte Form handelt. Der Aufbau der Kammerscheidewände aus Tektin läßt keinen Zweifel, daß auch die Ostseeformen zu *A. runiana* gehören.

Die Art wurde von HÖGLUND (1947) ausführlich beschrieben. Die in der Kieler Bucht und auf der Darsser Schwelle vorkommenden Formen bilden meistens nur 2 Umgänge aus, während die von HÖGLUND untersuchten Stücke meist 3—4 Umgänge zeigen. Auch die Kammerzahl der Umgänge scheint niedriger zu sein (zwischen 6 und 9 Kammern gegenüber 12 bei HÖGLUND's Formen). Einige Exemplare lassen die Kammerung auch im Umriß bereits deutlich erkennen (vgl. Taf. 11, Fig. 7, 15, 16). Die von HÖGLUND abgebildeten Mündungskragen der Kammerscheidewände konnten bisher nicht beobachtet werden.

Verbreitung: Die ursprünglich aus Flachwasser (6 m) von West-Schottland beschriebene Art kommt nach HÖGLUND (1947) auch im Gullmar Fjord nur im flachen Wasser zwischen 7 und 33 m Tiefe vor. In der Beltsee ist sie auf Böden beschränkt, die einen größeren Teil in die salzärmere Oberflächen-Wasserschicht hineinragen. — Die relativ häufigen leeren Gehäuse der Art, die noch im Herbst 1963 auf dem Gabelsflach festgestellt wurden, waren im Mai 1964 fast völlig verschwunden und offenbar ausgewaschen. Man kann annehmen, daß die vereinzelt unterhalb der 15 m-Linie gefundenen leeren Gehäuse auf derartige Verfrachtung zurückzuführen sind. Die große Seltenheit lebender Individuen deutet darauf hin, daß die Aufragungen der Beltsee von *A. runiana* (wie auch von *Miliammmina fusca*) nur in bestimmten Jahren besiedelt werden können.

Maße: 0,2—0,43 mm (größter Durchmesser).

*Spiroplectammina biformis* (PARKER & JONES 1865)

Taf. 15, Fig. 32

\* 1865 *Textularia agglutinans* D'ORBIGNY, var. *biformis* — PARKER & JONES, North Atlantik & Arctic, S. 370, Taf. 15, Fig. 23—24.

1947 *Spiroplectammina biformis* (PARKER & JONES) — HÖGLUND, Gullmar Fjord, S. 163, Taf. 12, Fig. 2.

Material: 4 gefärbte Exemplare. Belegstücke UKG 1321a—b.

Verbreitung: Nach HÖGLUND (1947) im Skagerrak zwischen 50 und 200 m und im Gullmar Fjord hauptsächlich zwischen 15 und 40 m Wassertiefe. Nach Vergleichsproben kommt sie auch im Großen Belt häufiger vor. In der Ostsee konnten bisher nur wenige Exemplare an zwei Stationen im Einstrombereich des Großen Belts gefunden werden (vgl. Abb. 23). Offenbar stellt *S. biformis* höhere Ansprüche an den Salzgehalt als die übrigen Ostseearten.

Maße: Gehäuselänge 0,3—0,43 mm.

*Trochammina* sp. sp., kleine dünne Formen

Taf. 15, Fig. 21—23; Taf. 12, Fig. 1—2

Material: 7 Gehäuse. Belegstücke UKG 1322.

Bemerkungen: Im tieferen Wasser der Beltsee sowie auf dem Stoller Grund wurden vereinzelt kleinwüchsige *Trochammina*-Gehäuse gefunden. Einige dieser Gehäuse sind sehr zart und dünnwandig (Taf. 12, Fig. 1) und scheinen verschiedenen der von RHUMBLER (1938) und HÖGLUND (1947) als gesonderte Arten herausgestellten Gehäusetyphen zu entsprechen (*T. stellata*). Andere Exemplare (Taf. 12, Fig. 2) entsprechen (bis auf die Größe!) den von LOEBLICH & TAPPAN (1953) als *T. rotaliformis* WRIGHT abgebildeten Stücken. Bei der meines Erachtens zu weit gehenden Aufsplitterung dieser *Trochammina*-Gruppe ist es nicht möglich, Einzelfunde (wie im vorliegenden Fall) sauber zu bestimmen, da jede Bestimmung praktisch eine Revision wäre und weltweites Material voraussetzt. Sie werden hier lediglich erwähnt, weil sie bei zukünftigen Routine-Untersuchungen der Foraminiferen-Besiedlung aus ökologischen Gründen Interesse verdienen (Abhängigkeit von verstärktem Salzwassereinstrom).

Die in Flußmündungen und Lagunen der Kieler Bucht neben *Jadammina poly-stoma* und *Miliammina fusca* häufig vorkommenden großwüchsigen Trochamminen (*T. inflata* und *T. nitida*) werden mit den übrigen Foraminiferen des brackisch-limnischen Bereichs in dieser Arbeit nicht behandelt.

Maße: 0,15—0,21 mm (größter Durchmesser).

*Eggerella scabra* (WILLIAMSON 1858)

Taf. 15, Fig. 24—29; Taf. 12, Fig. 3—12

\* 1858 *Bulimina scabra*, nob. — WILLIAMSON, Great Britain, Taf. 5, Fig. 136—137.

v 1936 *Verneuilina scabra* (WILLIAMSON) — RHUMBLER, Kieler Bucht II, S. 236, Abb. 234—246.

v 1952 *Eggerella scabra* (WILLIAMSON) — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 180, Taf. 1, Fig. 3.

? 1953 *Eggerella advena* (CUSHMAN) — LOEBLICH & TAPPAN, Arctic Forum., S. 36, Taf. 3, Fig. 8—10.

Material: 270 Exemplare. Belegstücke UKG 1323.



Bemerkungen zur Taxonomie: Es besteht kein Zweifel, daß diese von RHUMBLER (1936) ausführlich beschriebene Form zu *Eggerella scabra* gehört. Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß Unterscheidungen nach der Ausbildung des Anfangsteils im Sinne von HÖGLUND (1947) nicht getroffen wurden.

HÖGLUND (1947) beschreibt die morphologisch etwas abweichende Tiefwasserform des Skagerrak als „*Verneuilina media*“. Wesentlicher Unterschied gegenüber *E. scabra* ist nach HÖGLUND das Fehlen eines trochospiralen Anfangsteils. Er erwähnt aber selbst, daß nur eine Generationsform dieser neuen Art, nämlich die makrosphärische, gefunden wurde und daß in den Proben mittlerer Tiefen, in denen beide „Arten“ zusammen vorkommen, die Unterscheidung oft schwer sei. Es besteht demnach begründeter Verdacht, daß es sich bei den kleinwüchsigen Tiefwasserformen nur um Standortmodifikationen handelt. Denn auch bei *E. scabra* ist der trochospirale Anfangsteil nur in der mikrosphärischen Generation ausgebildet. — Nach den Abbildungen HÖGLUND's entspricht „*V. intermedia*“ etwa den von uns im Arkona-Becken gefundenen Gehäusen von *E. scabra*.

Auch die übrigen von HÖGLUND unterschiedenen Taxone (*E. arctica* HÖGLUND und „*Verneuilina*“ *advena* CUSHMAN) sind revisionsbedürftig, vgl. LOEBLICH & TAPPAN 1953, S. 37.

RHUMBLER (1936, S. 137) trennt die Ostseeformen als „forma *inornata*“ ab, weil sie im Gegensatz zu den anderen Sandschalern derselben Fundorte nie dunkle Mineralkörner agglutinieren. Auch die hier untersuchten Gehäuse bestätigen diesen Befund. Dennoch erscheint es verfrüht, daraus selektive Fähigkeiten der Art ableiten zu wollen. Da eine Sonderung der Schwermineralkörner im Lebensbereich der Tiere für möglich gehalten werden muß, wäre zunächst der Mikrobiotop von *E. scabra* näher zu untersuchen (lebt sie an der Oberfläche oder im Sediment? Auf Rippelkämmen, in Tälern oder gleichmäßig verteilt? Werden neue Kammern nur bei einer bestimmten Sedimentations-Situation angebaut?). Solche Untersuchungen scheitern aber vorerst an der großen Seltenheit lebender Exemplare im Untersuchungsgebiet.

Verbreitung: *E. scabra* bestimmt das Bild der Totfauna in den unter 18—20 m gelegenen zentralen Gebieten der Beltsee. Sehr oft erreicht sie Häufigkeiten von 60 bis 80% der leeren Gehäuse. Demgegenüber fällt die Seltenheit lebender Individuen auf. Diese erreichen höchstens Häufigkeiten von 10% der lebenden Fauna; bei den absoluten Häufigkeiten (Foraminiferen pro 10 cm<sup>3</sup>) ist der Gegensatz noch krasser.

Die meisten Eggerellen lebten in den Untersuchungsjahren im Einstrombereich südlich des Großen Belts und dem angeschlossenen Rinnensystem. Die Art scheint demnach wenigstens für einen Teil des Jahres Salzgehalte über 20‰ zu verlangen (vgl. ROTTGARDT 1952, S. 199). Eine Abhängigkeit vom Sediment besteht dagegen nicht. — Die größere Häufigkeit der leeren Gehäuse wird mit RHUMBLER (1936, S. 239) auf zurückliegende Zeiten mit stärkerem Salzwassereinstrom zurückgeführt. Die damals gebildeten Gehäuse werden in der Beltsee durch Bodenwühler in das Oberflächensediment befördert, während sie im Oberflächensediment des Arkona-beckens nur selten vorkommen. (Dort hat sich über einer etwa 25 cm mächtigen, sehr *Eggerella*-reichen Schicht bereits eine dünne Oberflächenschicht gebildet, die kaum noch Eggerellen enthält, vgl. ökologischer Teil).

Östlich der Darßer Schwelle wurden keine lebenden, östlich vom Arkonabecken auch keine toten Exemplare von *E. scabra* gefunden.

Maße: 0,45—0,8 mm.

### 3. Kalkschaler

*Ophthalmina kilianensis* RHUMBLER 1936

Taf. 15, Fig. 36a—b; Taf. 13, Fig. 1—4

v\* 1936 *Ophthalmina kilianensis* sp. nov.! — RHUMBLER, Kieler Bucht II, S. 218, Abb. 183—197.

- v 1952 *Ophthalmina kilianensis* RHUMBLER — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 181, Taf. 2, Fig. 25.

Material: 107 Exemplare. Belegstücke UKG 1324.

Bemerkungen: RHUMBLER stellte für planspiral aufgerollte Rotalgen-Miliolinen die Gattung *Ophthalmina* auf; während er ähnliche, jedoch dickere und knäuel-förmigere Formen als var. *hauerinoides* zu *Quinqueloculina subrotunda* stellte. LOEBLICH & TAPPAN (1953) begründeten mit dieser Form als Typart ihre neue Gattung *Pateoris*. (Wegen der fehlenden Mündungszähnen ist eine Zuordnung zu *Quinqueloculina* nicht möglich.)

Beide Formen siedeln dicht gedrängt auf fast allen Rotalgen der Beltsee. Nach äußerlichen Merkmalen lassen sich, wie auch RHUMBLER angibt, nur die Extremvarianten trennen. Schnittuntersuchungen an 15 Exemplaren legen aber den Verdacht nahe, daß alle Übergänge von planspiralen zu quinqueloculinen Gehäusen vorkommen. Einwandfrei planspirale Gehäuse wie Abb. 189 bei RHUMBLER (1936) scheinen sehr selten zu sein (s. Taf. 13). Demnach läßt sich auch unter Berücksichtigung des Innenbaues keine scharfe Trennung durchführen. Es ist also damit zu rechnen, daß *Pateoris* als Synonym von *Ophthalmina* eingezogen werden muß.

Es ist geplant, in einer weiteren Veröffentlichung näher auf diese Frage einzugehen sowie Lectotypen für *kilianensis* und *hauerinoides* auszuwählen. Vor allem soll mit Material von den Typlokalitäten die Variationsbreite der Art anhand von Schnittserien dargestellt werden.

Verbreitung: In der gesamten Beltsee auf Rotalgen in Wassertiefen über 14 m. Oft zusammen mit *Crithionina heinckei* und *Tholosina vesicularis*. Die Besiedlungsdichten sind beträchtlich und erreichen (geschätzte Werte) bis zu 100 Exemplaren auf 10 cm<sup>2</sup> Pflanzenoberfläche. Im Sediment wie auch die übrigen sessilen Arten nur als seltene Einzelfunde, besonders an St. 28—31 im Fehmarnbelt.

*Quinqueloculina seminula* (LINNAEUS 1758)

Taf. 15, Fig. 34—35

- \* 1758 *Serpula seminulum* — LINNAEUS, Systema naturae, S. 786.

1936 *Quinqueloculina seminulum* (LINNÉ) — RHUMBLER, Kieler Bucht II, S. 232, Abb. 225.

Material: 5 Exemplare. Belegstücke UKG 1325.

Verbreitung: Vereinzelt im Fehmarnbelt und in der Kadet-Rinne in Wassertiefen über 20 m. Auch RHUMBLER (1936) fand nur wenige Exemplare und diese ebenfalls in größeren Wassertiefen.

*Laryngosigma hyalascidea* LOEBLICH & TAPPAN 1953

Taf. 15, Fig. 37; Taf. 13, Fig. 10—12

- \* 1953 *Laryngosigma hyalascidea* LOEBLICH & TAPPAN, new species — LOEBLICH & TAPPAN, Arctic Foram., S. 83, Taf. 15, Fig. 6—8.

Material: 8 Exemplare. Belegstücke UKG 1326.

Bemerkungen: Bei allen Exemplaren konnten im Durchlicht bzw. nach Aufbrechen der Gehäuse entoselene Mündungstuben festgestellt werden. Die meisten Exemplare sind gefärbt, also als „lebend“ anzusprechen.

Es ist auffällig, daß diese Art von RHUMBLER (1936) nicht gefunden wurde (in seinem Material konnten keine Gehäuse mit Mündungstuben gefunden werden), während andererseits die verwandten, von RHUMBLER zu *Guttulina lactea* und

*spicaeformis* gestellten Formen im vorliegenden Material nicht beobachtet werden konnten.

Verbreitung: Die Art wurde zum ersten Mal von Point Barrow, Alaska, aus 48 m Wassertiefe beschrieben. In der Beltsee kommt sie vereinzelt in Wassertiefen über 14 m vor. Östlichste Fundstelle ist die Kadet-Rinne; ein Exemplar wurde auf St. 118 im Sund gefunden.

Maße: Gehäuselänge 0,3—0,6 mm.

*Asterellina pulchella* (PARKER 1952)

Taf. 13, Fig. 5—9

\* 1952 *Prinaella?* *pulchella* — PARKER, New Hampshire, S. 420, Taf. 6, Fig. 18—20.

? 1960 *Rosalina mamilla* (WILLIAMSON) — VAN VOORTHUYSEN, Dollart-Ems-Ästuar, Taf. 11, Fig. 17.

1963 *Asterellina pulchella* (PARKER 1952) — ANDERSON, Beringsee, S. 314, Taf. 1, Fig. 5—7.

Material: 30 Exemplare. Belegstücke UKG 1327.

Beschreibung: Die rosettenförmige Struktur auf der Nabelseite ist bei den meisten Gehäusen nur sehr undeutlich zu sehen. Der letzte Umgang hat meistens 4—6 Kammern.

Verbreitung: Die aus Tiefen um 35 m aus der Beringsee bekannt gewordene Art wurde in der Ostsee bisher nur in 10 m Wassertiefe bei Gedser gefunden (St. 37). Der mit grobem Sand bedeckte Meeresboden liegt dort im allgemeinen im Bereich ausströmenden Oberflächenwassers mit niedrigen Salzgehalten. — Etwa die Hälfte der gefundenen Exemplare war lebend. Da die Größe mit 0,08 bis 0,13 mm im Bereich der benutzten Siebmaschenweite liegt (0,1 mm), besteht die Möglichkeit, daß die Art in anderen Flachwasserproben der Beltsee übersehen wurde. (Die benachbarten Stationen 34—36 und 38—42 brachten keine Funde von *A. pulchella*, obwohl die Proben mit 0,06 mm-Sieb geschlämmt wurden. Sie liegen allerdings wesentlich tiefer.)

*Ammonia beccarii* (LINNAEUS 1758)

Taf. 15, Fig. 33

\* 1758 *Nautilus beccarii* — LINNAEUS, Systema naturae, S. 710.

v 1952 *Rotalia beccarii* LINNÉ — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 183, Taf. 2, Fig. 21.

v 1962 *Streblus batavus* HOFKER 1951 — HAAKE, Langeooger Watt, S. 57, Taf. 6—12.

Material: 226 Exemplare. Belegstücke UKG 1328.

Taxonomie: Die Nordsee-Formen werden von HOFKER als „*batavus*“ abgetrennt. Obwohl die in der Ostsee vorkommenden *Ammonia* diesen Formen näher stehen als den Adria-Formen von der Typlokalität für *A. beccarii*, kann ich mich nicht zur Verwendung des HOFKER'schen Namens entschließen<sup>1)</sup>. Bei Anwendung des von HOFKER benutzten Prinzips müßte diese weltweit verbreitete, sehr variable Art in eine Unzahl von Arten aufgespalten werden. Die Bemerkungen von HAAKE (1962, S. 57) zeigen aber bereits, daß die meisten zur Artabtrennung benutzten Merkmale gleitend ineinander übergehen, wenn Populationen aus verschiedenen Biotopen miteinander verglichen werden. — Variationsstatistische Untersuchungen

<sup>1)</sup> Auch VAN VOORTHUYSEN (1957) schließt sich dem Vorgehen HOFKER's an und stellt Nordseeformen zu *A. batavus*. Bereits 1961 weist er jedoch wieder darauf hin, daß *A. batavus* nur eine „geographische Variante“ von *A. beccarii* ist (Exkursionsführer zur Benelux-Exkursion, S. 9).

eines großen Probenmaterials aus verschiedenen Biotopen und Lokalitäten wären nötig, um allenfalls eine Unterteilung auf der Unterart-Ebene exakt zu begründen.

Verbreitung: *A. beccarii* muß als Flachwasserform angesehen werden. In der Beltsee kam sie jedoch 1962/64 im Bereich des Oberflächenwassers (0—15 m) nicht vor, sondern war auf die tieferen Gebiete südlich des Großen Belts beschränkt. Offenbar reichte die höhere Sommer-Temperatur der oberen Wasserschicht in diesen Jahren allein nicht aus, um der Art auch im salzärmeren Wasser Lebensmöglichkeiten zu bieten. Die Beobachtungen ROTTGARDT's sowie eine erste Inspektion der im Herbst 1964 entnommenen Proben zeigen aber, daß das Siedlungsgebiet in anderen Jahren größer sein kann. J. RESIG stellte außerdem im Arkonabecken Innenhäute von *A. beccarii* fest, die infolge der Auflösungsvorgänge in vielen Ostseegebieten die einzigen Zeugen früherer Kalkschalerbesiedlung sind.

BRADSHAW (1957) konnte für *A. beccarii*, var. *tepidus* im Laboratoriums-Experiment zeigen, daß in normalem Seewasser bei Temperaturen unter 20° C nur noch Wachstum, jedoch keine Fortpflanzung mehr erfolgte. Dagegen fand bei Temperaturen zwischen 24 und 27° C noch bei Salzgehalten von 13‰ Reproduktion statt. Die Unterschiede in der Besiedlung der Kieler Bucht von einem Jahr zum anderen sind also gerade bei dieser Art als Folge eines komplizierten Wechselspiels von Temperatur und Salzgehalt zu verstehen.

Maße: 0,5—1,1 mm (größter Durchmesser).

*Cribrononion excavatum* (TERQUEM 1875)

Taf. 15, Fig. 39—41

- \* 1875 *Polystomella excavata*, TERQ. — TERQUEM, Dünkirchen, S. 25, Taf. 2, Fig. 2.
- 1909 *Polystomella striatopunctata* (FICHTEL & MOLL) var. — HERON-ALLEN & EARLAND, Selsey-Bill, S. 695, Taf. 21, Fig. 2.
- 1911 *Polystomella striatopunctata* (FICHTEL & MOLL) var. *selseyensis* var. n. — HERON-ALLEN & EARLAND, Selsey-Bill, Part VIII, S. 448.
- ? 1927 *Elphidium hughesi* CUSHMAN & GRANT, n. sp. — CUSHMAN & GRANT, Elphidiums West Coast, S. 75, Taf. 7, Fig. 1, 4, 5.
- \* 1930 *Elphidium incertum* (WILLIAMSON), var. *clavatum*, new variety. — CUSHMAN, Atlantic Ocean 7, S. 20, Taf. 7, Fig. 10.
- ! 1932 *Elphidium* (*Polystomella*) *excavatum* (TERQUEM) — HERON-ALLEN & EARLAND, Falkland-Inseln, S. 439, Taf. 16, Fig. 22—23.
- 1949 *Elphidium incertum* (WILLIAMSON) — CUSHMAN, Belgian Foraminifera, S. 28, Taf. 5, Fig. 9.
- v 1952 *Elphidium granulosum* GALLOWAY & WISSLER, pars! — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 182, Taf. 2, Fig. 24, 28.
- !v 1952 *Elphidium excavatum* TERQUEM — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 182, 225.
- 1953 *Elphidium clavatum* CUSHMAN — LOEBLICH & TAPPAN, Arctic Foraminifera, S. 98, Taf. 19, Fig. 8—10.
- v 1962 *Elphidium selseyense* (HERON-ALLEN & EARLAND 1911) — HAAKE, Langeooger Watt, S. 49, Taf. 5, Fig. 12—15; Taf. 6, Fig. 1—5.
- 1964 *Elphidium incertum clavatum* CUSHMAN — FEYLING-HANSEN, Oslofjord-Quartär, S. 345, Taf. 20, Fig. 11—15.
- non 1949 *Elphidium excavatum* (TERQUEM) — CUSHMAN, Belgian Foraminifera, S. 28, Taf. 6, Fig. 2.
- non 1956 *Elphidium excavatum* (TERQUEM) — HOFKER, Foraminifera dentata, S. 158, Taf. 24, Fig. 8—17.

non 1962 *Elphidium excavatum* (TERQUEM 1875) — HAAKE, Langeooger Watt, S. 47, Taf. 5, Fig. 5.

Material: ca. 1500 Exemplare. Belegstücke UKG 1329. — Vergleichsmaterial von Alaska, der südspanischen Küste, der Biskaya, der Kanalküste bei Selsey Bill und Dünkirchen sowie von Helgoland und mehreren Nordsee-Watten.

Zur Beschreibung: In der Ostsee kommen zwei Formtypen vor, deren Verwandtschaftsgrad in den folgenden Abschnitten näher diskutiert wird. Die eine Form, die im Bereich des Oberflächenwassers der Kieler Bucht auftritt, entspricht morphologisch weitgehend den aus der Nordsee beschriebenen Formen (HAAKE 1962, „*E. selseyense*“). Ein großer Teil dieser Gehäuse zeigt ein Nabelfeld, das mit granuliertem Kalk oder Kalkknoten besetzt sein kann. Außerdem sind diese „Oberflächenformen“ im Durchschnitt weniger dick. Die Maxima der Variationskurven für den Breiten/Längen-Index liegen zwischen 4 und 5, bei den aus sehr flachem Wasser stammenden Populationen (Abb. 10, St. 249 und Schleimünde) sogar mit deutlicher Tendenz zu 4.

Die andere Form, die in tieferem Wasser siedelt und bis Gotland vorkommt, ist demgegenüber dicker: Die Maxima liegen zwischen 5 und 6. Außerdem ist meist kein Nabelfeld ausgebildet, d. h. die Kammern des letzten Umgangs ziehen sich bis in die Nabelregion herunter. Häufig ist kein Nabelknopf vorhanden; wenn überhaupt Knoten ausgebildet werden, dann nur einer. Diese „Tiefwasserform“ entwickelt in der Außenförde und südlich und östlich des Stoller Grund (Kieler Bucht) besonders großwüchsige Populationen, wie sie ähnlich weder in der Ostsee noch in der Nordsee gefunden werden. Bei diesen großwüchsigen Formen sind auch die Septalnischen wesentlich dichter und regelmäßiger ausgebildet als bei den kleinwüchsigeren Exemplaren. Die „Tiefwasserformen“ entsprechen morphologisch fast völlig den aus Flachwasserproben von Alaska vorliegenden Formen dieser *Cribronion*-Gruppe.

Die in der Ostsee vorkommenden Vertreter haben meistens weniger dichte und gröbere Poren (?) als die der Nordsee. — Abb. 9 zeigt, daß Nordsee- und Ostseeformen in der Kammerzahl derselben Tendenz folgen: Mit 0,1 mm Größenzuwachs erhöht sich die Kammerzahl des letzten Umgangs um den Wert 1.

Taxonomie: Obwohl die Nordseeformen noch variabler als die in der Ostsee lebenden Vertreter sind, wurden sie von modernen Bearbeitern als einheitliche, zu einer Art gehörende Formgruppe aufgefaßt (VAN VOORTHUYSEN 1958, HAAKE 1962). Besonders HAAKE betont, daß Übergänge zwischen recht verschiedenen Extremvarianten vermitteln. Eine taxonomische Aufteilung erschien ihm daher unzweckmäßig und undurchführbar. Ein Vergleich mit Populationen aus verschiedenen Biotopen der Nordsee (Helgoland, Jadebusen) und des Ärmelkanals bestätigte diese Ansicht. Besonders zu beachten ist die offenbar mosaikartige Differenzierung der einzelnen Schalenmerkmale von Gebiet zu Gebiet: Zwei Populationen können sich in einem Schalenmerkmal besonders nahestehen (beurteilt nach den Gipfelwerten der Variationskurven), um in einem anderen gerade besonders voneinander abzuweichen.

Die von Langeoog (Watt) stammenden Exemplare zeigen etwas häufiger Nabelknoten als die Oberflächenformen der Ostsee, bei denen noch Formen mit granuliertem Nabelfeld überwiegen. Noch mehr Nabelknoten bilden die bei Helgoland und an den Küsten des Ärmelkanals lebenden Formen aus, bei denen die knotenreichen Gehäuse bereits deutlich überwiegen. Einige aus dem Mittelmeer vorliegende Populationen scheinen dieses Merkmal noch stärker entwickelt zu haben. Hier liegt also offensichtlich die auch bei vielen anderen Foraminiferen-Arten zu beobachtende

Tendenz der Skulpturverstärkung in wärmerem Wasser vor, die mit der Löslichkeit von Calciumkarbonat in Zusammenhang gebracht wird. Da es sich demnach bei den relativ „knotenarmen“ Formen der Ostsee um das Endglied einer gleitenden morphologischen Reihe handelt, kann die abweichende Ausbildung der Nabelskulptur zunächst keine taxonomische Trennung der Nordseeformen von den Oberflächenformen der Ostsee rechtfertigen. Bei den auch für die übrigen Merkmale zahlreichen Übergangsformen könnte eine Abtrennung nur nach experimentellem Nachweis einer genetischen Separation erfolgen, der sich kaum erbringen lassen dürfte. Die unterschiedlichen Tendenzen in der Nabelskulptur sind also vorerst als modifikativ anzusehen.

Schwieriger zu beantworten ist die Frage, ob die Tiefwasserformen der Ostsee von diesem Formenkreis abgetrennt werden können. Diese sind im Durchschnitt dicker und haben kein Nabelfeld (vgl. Beschreibung), trotzdem können Extremvarianten häufig von den „Oberflächenformen“ bzw. den Nordseeformen unterschieden werden. Allerdings zeigen die nach der Tiefe angeordneten Variationskurven der Gehäusedicke (Breiten/Höhen-Index, gemessen in der Mündungsansicht, vgl. Abb. 10) einen deutlichen Wechsel in der Lage der Maxima, der ziemlich genau der Durchschnittslage der Sprungschicht in der Kieler Bucht entspricht (14—18 m). Die dicken Tiefwasserformen sind also auf das einströmende, salzhaltigere und im Sommer kühlere Nordseewasser beschränkt. Zwischen den Siedlungsgebieten der beiden unterschiedlichen Formen liegt also eine ökologische Barriere, so daß es möglich wird, daß auch Unterarten ohne Rückkreuzung dicht nebeneinander siedeln können. Wenn durch die Winterstürme die Wasserschichtung aufgehoben wird und gleichzeitig das gesamte Wasser bis Gefrierpunktnähe abkühlt, scheint die Tiefwasserform auch die Untiefen zu besiedeln (Abb. 9). Im Frühjahr wird dann die schlanke Oberflächenform nur noch in der Totfauna angetroffen. Erst im Laufe des Sommers erobert sie sich ihre alten Gebiete wieder zurück. Da Foraminiferen (wie andere marine Organismen ebenfalls) jenseits ihrer optimalen Lebensbedingungen noch einen weiten Toleranzbereich kennen, in dem sie noch persistieren können (BRADSHAW 1957) ist von vornherein damit zu rechnen, daß bei schnell wechselnden ökologischen Bedingungen vorübergehend beide „Formen“ zusammen gefunden werden können. Es ist möglich, daß zweigipflige Variationskurven (Abb. 9, unten) in dieser Weise gedeutet werden können. Sollte sich dieses Bild bei weiteren, gezielten Untersuchungen bestätigen, wäre eine Deutung der Tiefwasserformen als bereits genetisch differenzierte Unterart berechtigt. In dieses Bild würde dann auch sehr gut die Übereinstimmung der Tiefwasserform mit dem in der Arktis vorkommenden Typus hineinpassen: Man könnte sich vorstellen, daß sich die flache, nabelknoten-

---

Abb. 7: *Miliammina fusca* (BRADY). — a Schnitt, etwas oberhalb des Zentrums (innere Kammer nicht zentral geschnitten); b—c schematische Darstellung von Mündungstypen (b enge Mündung mit „Zahn“, Arkonabecken; c weite Mündung ohne „Zahn“, Bottsand bei Stein).

Abb. 8: Kammerzahl von *Cribronion excavatum* und *cf. alvarezianum*. Es wurden Populationen aus verschiedenen Biotopen ausgewertet (Legende). Dreiecke: *Cr. cf. alvarezianum*; Kreise: *Cr. excavatum*; Kreuze: Originalabbildungen TERQUEM's für *Cr. excavatum*. — Vergleiche Text!

Abb. 9: Variationskurven der Gehäusedicke von *Cribronion excavatum*. — Schwankungen der Gehäusedicke im Verlauf eines Jahres an derselben Station (Gabelsflach, Kieler Bucht). — Dargestellt sind Breiten/Längen-Indices (Breite  $\times$  10 / Länge, gemessen in der Mündungsansicht).

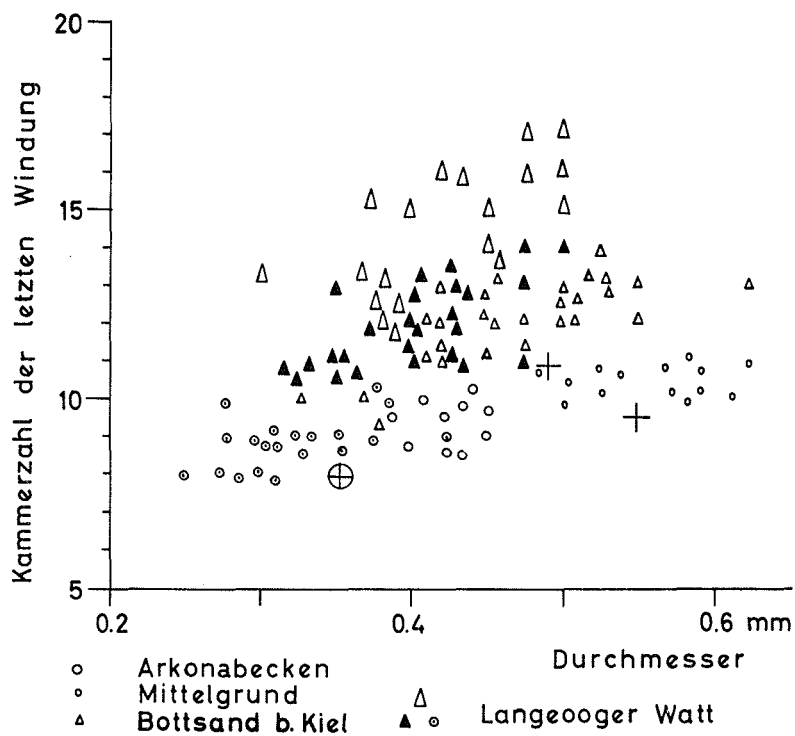


Abb. 8.

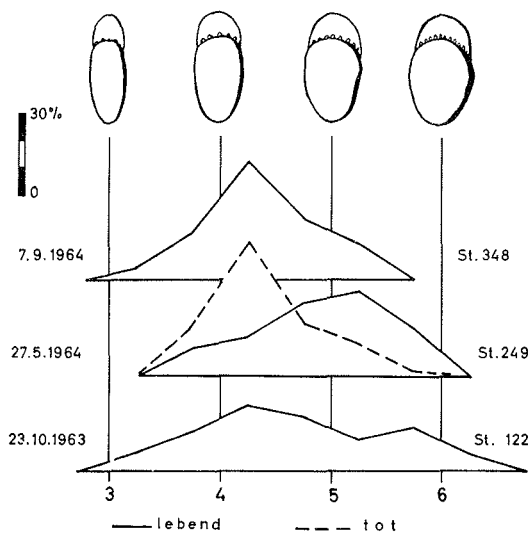


Abb. 9.

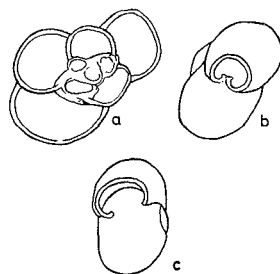


Abb. 7.

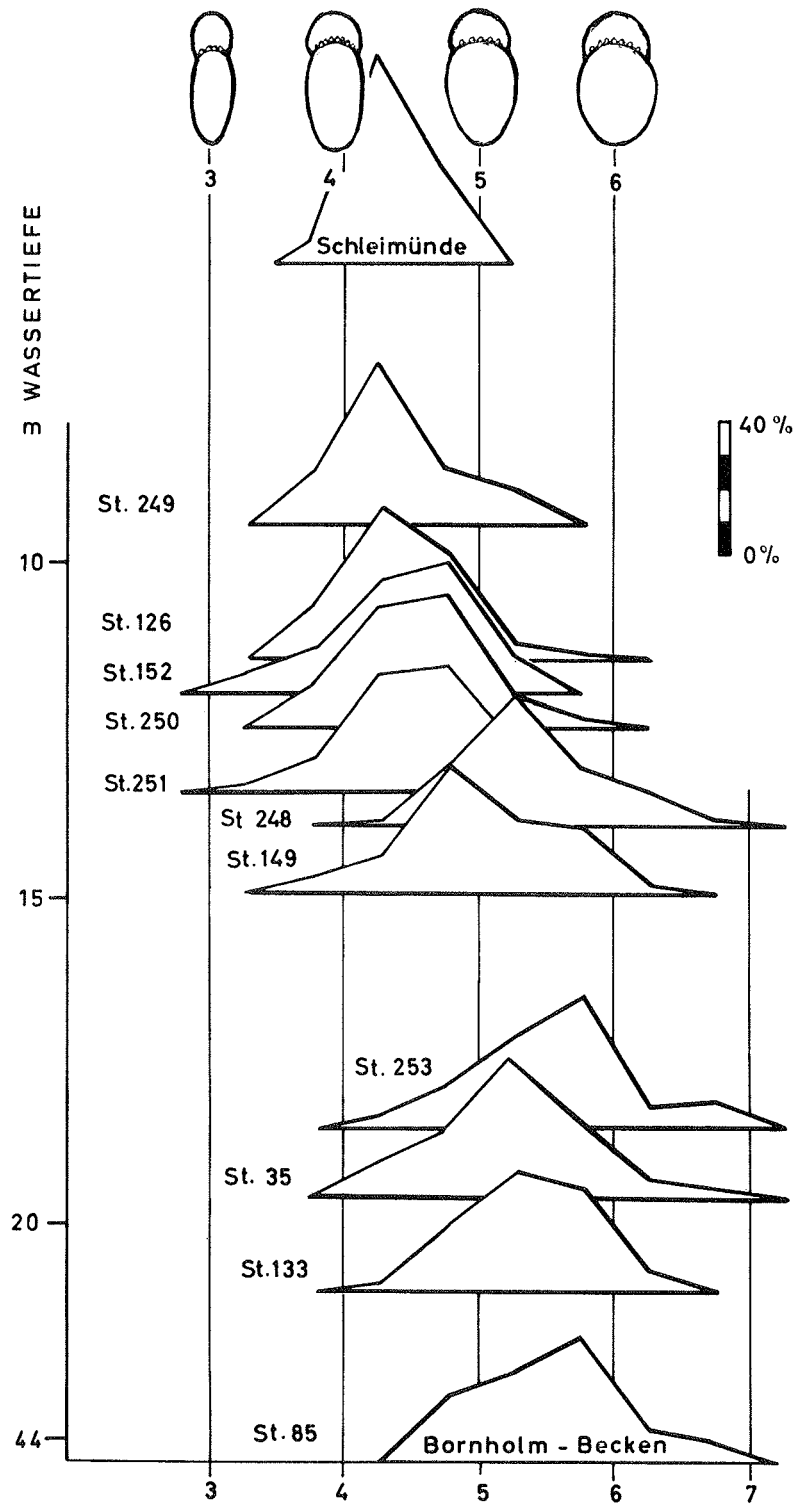


Abb. 10: Variationskurven der Gehäusedicke von *Cribrononion excavatum*. — Bis auf die Populationen von St. 85 und 35 (Bornholmbecken und Gedser) Kieler Bucht. Anordnung der Kurven nach der Wassertiefe, sonst wie Abb. 9.



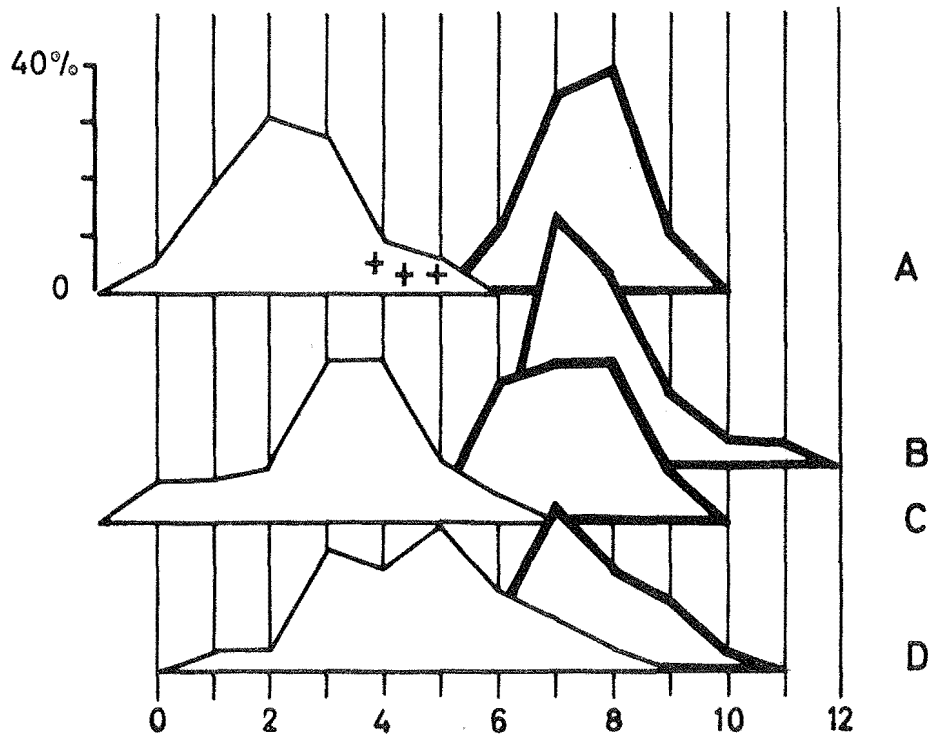


Abb. 11: Variationskurven für die Anzahl der Fortsätze auf den Endkammern von *Cribronion excavatum* und *cf. alvarezianum*. — Dicke Linie: *Cr. cf. alvarezianum*, dünne Linie: *Cr. excavatum*. A Typlokalität für *Cr. excavatum*, Strandsande von Dänkirchen; B, C Langeooger Watt, Nordsee; D Ostsee, Kieler Bucht; die *Cr. excavatum clavatum*-Population stammt aus Tiefenwasser, während die *Cr. cf. alvarezianum*-Population aus der Schleimündung stammt. — Kreuze: Lage der TERQUEM'schen Originalfiguren für *Cr. excavatum*.

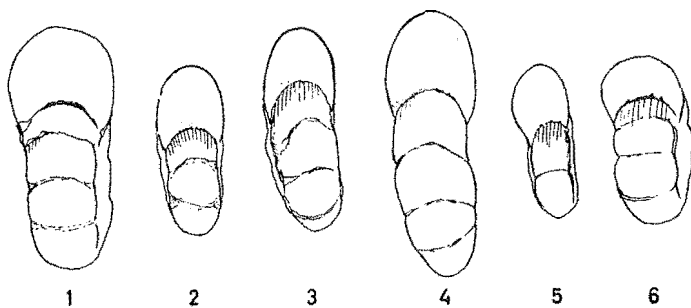


Abb. 12: Mündungsansichten von *Cribronion asklundi*. — Fig. 1—2: St. 1, Darsser Schwelle; Fig. 3: St. 2, Darsser Schwelle; Fig. 4: St. 11, Bornholm; Fig. 5: St. 10, westl. Bornholm, = flache Form!; Fig. 6: Mittelgrund, Eckernförder Bucht.

tragende Atlantikform unter leichten Abweichungen bis in das sommerlich warme Oberflächenwasser der Ostsee verbreitet, wo sie von der boreal-arktischen Unterart gewissermaßen „unterwandert“ wird<sup>1)</sup>).

Es muß aber betont werden, daß nach dem zur Zeit vorliegenden Beobachtungsmaterial auch in diesem Fall nicht sicher entschieden werden kann, ob nicht lediglich Modifikationen vorliegen. Da hier jedoch mehr Argumente für eine genetische Differenzierung sprechen als dagegen und andererseits für die boreal-arktische Form ein gebräuchlicher Name vorhanden ist, wird diese als Unterart aufrechterhalten werden können.

Nomenklatur: Für den vom Atlantik bis in das Oberflächenwasser der Kieler Bucht verbreiteten Formenkreis wurde von verschiedenen Autoren der letzten Jahre der Name *selseyense* HERON-ALLEN & EARLAND 1911 verwendet (VAN VOORT-HUYSEN 1958, RICHTER 1961, HAAKE 1962), obwohl anzunehmen war, daß für diese sehr häufige Art ein älterer Name vorlag. Zwei der von TERQUEM (1875) unter dem Artnamen *excavatum*, TERQU. abgebildeten drei Gehäuse fallen einwandfrei in die Variationsbreite der Art, was an Topotypen, die ich der freundlichen Mithilfe von Herrn Dr. BÖGER, Kiel, verdanke, nachgeprüft werden konnte. Wie bei vielen älteren Autoren wurden die Exemplare allerdings nicht aus der Mitte der Variationsbreite entnommen. Sie entsprechen vielmehr dem weniger skulptierten Flügel der Gesamtskala mit teilweise nicht skulptiertem Nabelfeld. Die dem anderen Flügel angehörenden Extremvarianten mit überreicher Skulptierung wurden von TERQUEM (irrtümlich) als *Polystomella arctica* PARKER & JONES bestimmt (Fig. 1).

Das besonders wenig skulptierte Gehäuse mit Nabelfeld, das TERQUEM als Fig. 2a—b abbildete, findet nur wenig Gegenstücke in unserem Dünkirchen-Material. Es zeigt auch ziemlich gerade Nähte (Gegensatz zur Beschreibung) und entspricht in dieser Beziehung eher einer ebenfalls in Dünkirchen vorkommenden wenigkammerigen Art, die *Cr. asklundi* nahesteht. Da diese Formen jedoch nie so deutliche Septalnischen wie das von TERQUEM abgebildete Exemplar zeigen und vor allem infolge der feinen, weißen Auflage von granuliertem Kalk im Nabelfeldbereich kein scharf abgegrenztes Nabelfeld besitzen, kommt ein Zusammenhang kaum in Betracht. Auch diese TERQUEM-Figur dürfte also in die Variationsbreite unserer Art gehören.

Ein Holotyp wurde von TERQUEM natürlich nicht näher bezeichnet. Es kommen dafür die Fig. 2a und c in Frage, da Fig. 2e, die bereits einen deutlichen Nabelknoten trägt, als „var.“ bezeichnet wurde. Die in den Tafelerklärungen irrtümlich als „var.“ bezeichnete Fig. 2c ist laut Text nicht als Varietät anzusehen.

Bei Verwendung des Artnamens *selseyense* treten ähnliche Probleme auf, da auch diese Art auf schwach skulptierte Formen mit leicht eingesenktem Nabel bezogen ist und dementsprechend längere Zeit ausschließlich für solche Varianten gebräuchlich gewesen ist. Noch in jüngster Zeit wurde die Verwendung von „*selseyense*“ für den Gesamtkomplex abgelehnt: FEYLLING-HANSEN (1964) stellt die von RICHTER 1961 als *E. selseyense* bestimmten Jadebusen-Formen in die Synonymie von *Cr. clavatum* und bestreitet ihre Identität mit *Cr. selseyense*. Das reiche, in Kiel vorliegende Vergleichsmaterial aus den verschiedensten Gebieten läßt aber keinen Zweifel, daß die von HAAKE (1962) erkannte Zusammengehörigkeit dieser variablen Gruppe eine Tatsache ist und einen einheitlichen Namen verlangt. Als ältester Name ist *Cr. excavatum* anzusehen.

Vielfach sind zum Teil berechnete Bestrebungen im Gange, die Nomenklatur vor sogenannten „ausgegrabenen“ Namen zu schützen. Es muß aber betont werden, daß die hier vorgenommene „Umbenennung“ keinen vergessenen Namen neubelebt;

<sup>1)</sup> Auch SCHLIEPER (1960) hält die Unterschiede der Temperatur- und Salzgehalts-Adaptionen bei Bodenevertebraten der Ostsee, die zwischen Oberflächenwasser und Tiefenwasser bestehen, für vorwiegend genotypisch bedingt. Formen des Flachwassers, besonders auch solche, die sowohl in Nordsee wie Ostsee vorkommen, zeigen dagegen häufig phänotypische Adaption infolge größerer erblicher Reaktionsbreite.

die Synonymie-Liste zeigt, daß der Name von verschiedenen Autoren durchaus im richtigen, d. h. TERQUEM'schen Sinne verwendet wurde! Würde man hier im Sinne von TODD (1963) von der Gebräuchlichkeit (usage) eines Namens ausgehen anstatt von der Priorität, dann könnte man höchstens mit der vorhandenen Literatur eine Art demokratische Abstimmung durchführen: Ein Blick in das Schrifttum zeigt deutlich, daß für weitaus die meisten Foraminiferen-Arten einfach noch keine allgemeine „Gebräuchlichkeit“ zustande gekommen ist. Je nach Schule oder Land werden andere Namen angewendet. Es bleibt also nur die Priorität und die oft störende, aber im Endeffekt wohl doch wirkungsvollere Methode von LOEBLICH & TAPPAN.

Auch in anderer Hinsicht bietet *Cr. excavatum* ein Beispiel für die unterschiedliche Methodik verschiedener Foraminiferen-Bearbeiter: nach dem Vorbild CUSHMAN's werden sehr häufig vielkammerige Formen mit sehr vielen, regelmäßigen Kammerfortsätzen irrtümlich als *Cr. excavatum* bestimmt. Daß TERQUEM keinesfalls diese Art (hier *Cr. cf. alvareziannum*) mit *excavatum* bezeichnete, geht klar aus seiner Tafel 2 hervor. Als Fig. 3 bildet er unter dem Namen „*Polystomella umbilicatulula*“ ein Gehäuse ab, daß eindeutig diesem Typ entspricht. Nur die relativ schwierige Zugänglichkeit der TERQUEM'schen Originalarbeit macht einigermaßen verständlich, daß diese leicht kenntliche Fehlbestimmung mit solcher Ausdauer von Arbeit zu Arbeit weitergeschleppt werden konnte<sup>1)</sup>.

Weitere Hinweise ergeben sich auch noch aus Variationskurven einiger Gehäusemerkmale der beiden Arten. Auf Abb. 8 ist die Kammerzahl von Populationen aus verschiedenen Biotopen dargestellt. Die Arten wurden nach anderen Merkmalen (Feinheit der Poren, Kammerfortsätze) getrennt und die als *Cr. excavatum* kenntlichen als Kreise, die als *Cr. cf. alvareziannum* erkennbaren als Dreiecke eingezeichnet. Die Originalfiguren TERQUEM's (Kreuze) liegen deutlich im Bereich der Kreise, Überschneidungen treten kaum auf. Ebenso deutlich sind die Kurven für die Zahl der Kammerfortsätze auf den Endkammern adulter Exemplare, die auf Abb. 11 zusammengestellt wurden. Auch hier ist ersichtlich, daß beide Arten an den verschiedenen Lokalitäten, einschließlich der Typlokalität, klar getrennt sind und daß die TERQUEM-Originalfiguren für *excavatum* im Bereich der als *excavatum* bestimmten Formen liegen. Für die vielkammerigen, zu *Cr. cf. alvareziannum* gestellten Formen kann dieser Name also auf keinen Fall mehr angewandt werden.

Die Tiefwasserformen der Ostsee, die (wie im taxonomischen Abschnitt gezeigt wurde) als Unterart abgetrennt werden müssen, können zu der von CUSHMAN (1930) aufgestellten arktischen Unterart *clavatum* gestellt werden. Ursprünglich wurde diese Unterart als „variety“ von *Cr. incertum* aufgefaßt, wie es erst neuerdings wieder von FEYLING-HANSEN (1964) erfolgte. LOEBLICH & TAPPAN (1953, S. 100) haben aber bereits vor Jahren gezeigt, daß eine solche Zuordnung nicht möglich ist. Übergangsformen zwischen *clavatum* und *incertum*, wie sie FEYLING-HANSEN erwähnt, wurden von uns weder in der Ostsee, noch in vielen Vergleichsproben aus der Nordsee und der Arktis gefunden. Bei lebenden und angefärbten Exemplaren ist zudem fast immer ein Unterschied im Farbton festzustellen, auf den HAAKE (1965, Ms.) zuerst aufmerksam machte.

Es muß in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß sehr wahrscheinlich der Pliozänart *Cr. hughesi* (CUSHMAN & GRANT 1927) die Priorität zukommt. Es ist keinesfalls angängig, diese Formen lediglich wegen ihres Alters außer Betracht zu lassen, insbesondere weil andere Untersuchungen für die Fund-

<sup>1)</sup> Hier wird wieder deutlich, daß der Foraminiferen-Katalog keinesfalls jede Beschäftigung mit der Originalliteratur überflüssig macht! Gerade bei den älteren Autoren kann die taxonomische Konzeption oft leichter aus den Benennungen verwandter Formen abgelesen werden.

schichten der fossilen Art ähnliche ökologische Verhältnisse wahrscheinlich machen, wie wir sie heute in der Arktis antreffen (BANDY 1960). Da der Name *clavatum* jedoch für die arktisch-borealen Kaltwasserformen eingebürgert ist, soll er bis zu einem Vergleich von Topotypen der beiden Arten beibehalten werden.

Gattungszugehörigkeit: *Cr. excavatum* wurde wie auch die folgenden Arten meistens zu *Elphidium* gestellt, obwohl verschiedene Autoren (HOFKER) schon seit längerer Zeit für die Typart dieser Gattung komplizierte Innenstrukturen (Kanalsysteme etc.) beschrieben haben. Auch LOEBLICH & TAPPAN (1964, treatise, S. C 631 bis C 638) betonen, daß der Gattungsname *Elphidium* auf Arten wie *E. macellum*, *crispum* usw. beschränkt werden sollte. Da die hier diskutierten Arten die Innenstrukturen nicht zeigen, muß man sich meines Erachtens diesem Vorgehen zunächst anschließen. Man kann nicht ungleich geringfügigere Merkmale für Gattungstrennungen benutzen und gleichzeitig solche komplizierten Merkmale taxonomisch ignorieren. Allerdings besteht kein Zweifel, daß die Bedeutung der genannten Innenmerkmale vielfach noch unklar ist und daß eingehendere Untersuchungen notwendig sind, um auch der Systematik in diesem Beispiel bessere Grundlagen zu geben.

Verbreitung: Während die auch in der Nordsee vorkommende Unterart *Cr. excavatum excavatum* in der Ostsee auf das Oberflächenwasser in der Kieler Bucht beschränkt ist, ist die an Kaltwasser adaptierte Unterart *clavatum* im Bereich des Tiefwassers weit verbreitet und wurde als einzige Foraminifere noch im Landsorttief angetroffen. Auf die Bedeutung dieses Beispiels für Submergenz wird im ökologischen Teil näher eingegangen. Die große Schwankungen in Temperatur und Salzgehalt tolerierende Art ist auch gegen Sauerstoffmangel relativ unempfindlich.

Maße: Vergleiche Abb. 8.

*Cribrononion cf. alvarezianum* (ORBIGNY 1839)

Taf. 15, Fig. 46

- \* 1839 *Polystomella alvareziana*, Nob. — D'ORBIGNY, Amérique meridionale, S. 31, Taf. 3, Fig. 11—12.
- 1932 *Elphidium alvarezianum* (D'ORBIGNY) — HERON-ALLEN & EARLAND, S. 440, Taf. 16, Fig. 24—25.
- 1949 *Elphidium excavatum* (TERQUEM) — CUSHMAN, Belgian Foraminifera, S. 28, Taf. 6, Fig. 2.
- v 1962 *Elphidium excavatum* (TERQUEM 1875) — HAAKE, Langeooger Watt, S. 47, Taf. 5, Fig. 5.
- 1964 *Elphidium excavatum*. — RICHTER, Ökologie Jadegebiet, Abb. 7, Fig. 3—4.
- 1964 *Elphidium excavatum* (TERQUEM) — FEYLING-HANSEN, Oslofjord-Quartär, S. 344, Taf. 20, Fig. 7—8.

Material: 180 Exemplare. Belegstücke UKG 1330.

Zur Beschreibung: Die Umriss der Gehäuse in Mündungsansicht sind variabel: innerhalb eines Nordsee-Wattgebietes (Langeoog) kommen getrennt siedelnde Populationen mit rundem und zugespitztem Rücken vor. Die im flachen Wasser der Kieler Bucht lebenden Populationen entsprechen jedoch ziemlich einheitlich dem abgerundeten Typ und haben vor allem eine etwas niedrigere Kammerzähl (vgl. Abb. 9, kleine Dreiecke).

Zur Taxonomie: Kleinwüchsige Formen der Vorstrandzone tendieren zu *Cr. gerthi* (sie haben einen etwas lobigen Umriss und weniger Kammern). Sie unterscheiden sich aber von dieser Art durch die längeren Kammerfortsätze und den dickeren Querschnitt.

Wie unter *Cr. excavatum* gezeigt wurde, kann der vielfach falsch angewandte Name „*excavatum*“ nicht mehr für diese Formen verwendet werden. Sie werden daher hier in Anlehnung an HERON-ALLEN & EARLAND (1932) als *Cr. cf. alvarezianum* geführt. Diese Art wurde von D'ORBIGNY aus einem ähnlichen Biotop wie die hier untersuchten Nordseeformen beschrieben und scheint nach der Originalabbildung mit unseren Exemplaren übereinzustimmen. Dennoch muß ohne Material von der „Typlokalität“ (Falklandinseln, Patagonien) die Bestimmung zunächst provisorisch bleiben. Sie erfolgt daher unter Vorbehalt (cf.), zumal das Original der Art nach HERON-ALLEN & EARLAND (1932) nicht auffindbar ist.

Verbreitung: HERON-ALLEN & EARLAND bezeichnen die Art als weitverbreitete Flachwasserform. Nach HAAKE (1962) und RICHTER (1964) in Nordsee-Wattgebieten mit schwacher Wasserbewegung, unabhängig von Sedimentkorngrößen. Auch in der Kieler Bucht nur im flacheren Wasser, das im Sommer über 20° C warm werden kann (Bottsand-Lagunen bei Stein, Schleimündung, Vorstrand bei Falkenstein und Noer). *Cr. cf. alvarezianum* ist eine wärmeliebende Art, die bei entsprechenden Temperaturen auch niedrige Salzgehalte bis etwa 16‰ toleriert.

Maße: 0,4—0,58 mm (größter Durchmesser).

*Cribrononion cf. gerthi* (VOORTHUYSEN 1957)

Taf. 15, Fig. 45

\* 1957 *Elphidium gerthi* nov. spec. — VAN VOORTHUYSEN, Eemien, S. 32, Taf. 23, Fig. 12.

? 1962 *Elphidium gerthi* VAN VOORTHUYSEN 1958a — HAAKE, Langeooger Watt, S. 48, Taf. 5, Fig. 10.

Material: 102 Exemplare. Belegstücke UKG 1331.

Zur Taxonomie: Die vorliegende Art unterscheidet sich von den zu *Cr. cf. alvarezianum* gestellten Formen durch eine flachere Gehäusegestalt und weniger lange und dichte Kammerfortsätze. Im Durchschnitt scheinen auch die Nähte stärker nach hinten gebogen zu sein als bei *Cr. cf. alvarezianum*. Wie bereits bei dieser Art erwähnt, kommen jedoch Übergangspopulationen vor, die nur schwer zu bestimmen sind (so zum Beispiel die Populationen vom Vorstrand bei Falkenstein und von Gedser). Die genaue Abtrennung muß erst im Rahmen spezieller Untersuchungen der Strandzone erarbeitet werden.

Das von VAN VOORTHUYSEN (1957) abgebildete Exemplar zeigt ebenso wie die Belegstücke HAAKE's (1962) einen deutlichen Nabelfropf. Solche Stücke kommen in dem vorliegenden Material aus der Ostsee nur selten vor, außerdem zeigen sie nie so große Nabelfropfe wie die Nordseeformen. Nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. HAAKE sind aber auch unter dem Nordseematerial alle Übergänge zu knotenfreien Formen vorhanden. Da von verschiedenen *Cribrononion*-Arten die Variabilität der Nabelstruktur bekannt ist, halten wir eine vorläufige cf.-Zuordnung zu *Cr. gerthi* in Übereinstimmung mit Dr. HAAKE für die beste Lösung.

Verbreitung: In der Ostsee nur auf Sandriffen, die in die Oberflächenwasserschicht hineinragen. Besonders häufig auf dem Stoller Grund, dem Gabelsflach und dem Gedser Reev (östlichstes Vorkommen). Die Art kann als „Leitform“ der Untiefen in der Beltsee angesprochen werden und ist auf den Faunendiagrammen durch schwarze Signatur besonders betont.

Maße: 0,25—0,5 mm (größter Durchmesser).

*Cribrononion incertum* (WILLIAMSON 1858)

Taf. 21, Fig. 43—44

- \* 1858 *Polystomella umbilicatulula*, var. *incerta* — WILLIAMSON, Great Britain, S. 44, Taf. 3, Fig. 82a.  
 1946 *Elphidium incertum* (WILLIAMSON) — HESSLAND, Bohuslän, Taf. 3, Fig. 42.  
 1952 *Elphidium incertum* WILLIAMSON — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 182, Taf. 2, Fig. 27.

Material: 120 Exemplare, Belegstücke UKG 1332.

Zur Beschreibung: HAAKE fand 1962 (mündliche Mitteilung), daß die gefärbten, noch Protoplasma enthaltenden Gehäuse dieser Art sich in wesentlichen Merkmalen von den leeren Gehäusen unterscheiden: die für die Art typischen „Septalbrüche“ sind nur bei den weißlich verfärbten leeren Gehäusen sichtbar. Bei „lebenden“, d. h. gefärbten Gehäusen erscheinen sie erst, wenn die Gehäuse durch starkes Erhitzen einem künstlichen Alterungsprozeß unterworfen werden. Offenbar sind also bei lebenden Tieren die Öffnungen in der Septalregion mit dünnen Lamellen bedeckt, die nach dem Absterben oder Reproduzieren zerstört werden. Da diese Zusammenhänge bisher nicht bekannt waren, wurden vielfach *Cr. incertum*-Gehäuse als *Nonion* aufgefaßt (ROTTGARDT 1952).

Die Form der Septalöffnungen ist besonders typisch: sie sind langgestreckt und sehr unregelmäßig in ihrer Länge und Breite. Die zwischen ihnen liegenden Bereiche, in denen sich die Kammerwände berühren, haben nicht die gattungstypische Form der Kammerfortsätze; es sind meistens reine Berührungsstellen. Demgegenüber zeigt die Mündungsansicht die charakteristische *Cribrononion*-Mündung, also eine Reihe von Einzelmündungen an der Basis der letzten Kammer.

Zur Taxonomie und Nomenklatur: Bis in die jüngste Zeit wurde *Cr. incertum* als Sammelname für die verschiedenartigsten Formen verwendet, obwohl bereits 1953 durch LOEBLICH & TAPPAN (S. 100) auf diese Verhältnisse hingewiesen wurde. Außerdem gehört *Cr. incertum* mit zu den vom ursprünglichen Autor am besten abgebildeten Arten. Es besteht deswegen kein Zweifel, daß die in dieser Arbeit zu *Cr. excavatum clavatum* gestellten Formen nicht als Unterart an *incertum* angeschlossen werden können. In der Ostsee waren sogar Jugendformen von *incertum* stets leicht von *Cr. exc. clavatum* zu trennen, weil *incertum* (wie auch *Cr. asklundi* und *Cr. cf. gerthi*) durch Bengalrot bläulichrot gefärbt wird, während das Protoplasma von *Cr. excavatum* einen mehr bräunlichen Farbton annimmt. Weitere Unterschiede liegen in der Form der Nabelskulptur und den Poren. *Cr. incertum* hat feinere Poren und bildet nie Nabelknoten aus.

Schwierig ist dagegen vielfach die Abgrenzung gegenüber *Cr. asklundi*. Bei dieser Art sind zwar meistens die Septalvertiefungen mit granuliertem Kalk verdeckt; wenn diese Abdeckung jedoch schwächer ausgebildet ist, kommen teilweise ähnliche Septalbrüche wie bei *Cr. incertum* zum Vorschein. In der Beltsee bereitet die Abtrennung trotzdem im allgemeinen keine Schwierigkeiten, weil bei *Cr. incertum* die relativ hohen Kammern bis zum Nabel heruntergezogen sind. Der Nabel wirkt dadurch eben und die ganze Form macht einen deutlich involuten Eindruck. *Cr. asklundi* mit niedrigen Kammern und granuliertem Nabelfeld macht im Vergleich dazu einen evoluten Eindruck.

Anders sind die Verhältnisse im Bornholm- und Gotlandbecken und deren Randgebieten. In diesen Becken mit bereits stärker erniedrigtem Salzgehalt und konstant niedrigen Temperaturen leben *Cr. incertum*-Populationen, die sehr stark zu *asklundi* tendieren und häufig bei statistischen Auswertungen nicht klar von dieser Art zu trennen sind. Der Nabel ist bei diesen Formen leicht eingesenkt, die

einzelnen Kammern stärker gebläht (lobiger Umriß) und meistens ist auch eine leichte Bedeckung der Nabelregion mit granuliertem Kalk ausgebildet. Übergangspopulationen, die zu der typischen *Cr. incertum* der Beltsee vermitteln, sprechen jedoch dafür, diese Formen als Unterart von *Cr. incertum* aufzufassen. Sie werden daher hier als *Cr. incertum subsp. A* geführt. Eine endgültige Benennung kann erst erfolgen, wenn reicheres Material eine statistische Analyse der fraglichen Merkmale gestattet.

Verbreitung: In der Beltsee und im Arkonabecken häufig zwischen 10 und 20% der Gesamtfauuna. Nur zeitweilig auf den Untiefen der Beltsee, die in das Oberflächenwasser hineinragen. *Cr. incertum* stellt demnach höhere Ansprüche an den Salzgehalt und ist als marine Art aufzufassen.

Maße: 0,62—0,75 mm (größter Durchmesser).

*Cribrononion incertum subsp. A*

? 1953 *Elphidium orbiculare* (BRADY) — LOEBLICH & TAPPAN, Arctic Foraminifera, S. 102, Taf. 19, Fig. 1—4.

Material: 85 Exemplare. Belegstücke UKG 1333.

Beschreibung: *incertum*-Formen mit eingesenktem Nabel und stärker geblähten Kammern. Häufig Kalkgranulierung im Bereich des Nabels und unterhalb der Mündungen. Weitere Bemerkungen siehe unter *Cr. incertum*.

Verbreitung: Im Bornholm- und Gotlandbecken, jedoch nicht im Becken-tiefsten, das fast ausschließlich von *Cr. excavatum clavatum* besiedelt wird. Demnach in noch etwas salzärmerem (um 10‰) und kälterem Wasser als diese Art. Möglicherweise ist der wesentlich höhere Sauerstoffgehalt, der im Schnitt für die Beckenrandgebiete ermittelt wird, für diese Verbreitung ausschlaggebend.

Maße: 0,35—0,55 mm (größter Durchmesser).

*Cribrononion asklundi* (BROTZEN 1946)

Taf. 15, Fig. 42

\* 1946 *Elphidium?* (*Elphidiella*) *asklundi* n. sp. — BROTZEN in HESSLAND, Bohuslän, S. 267, Abb. 109, Fig. 1.

? 1946 *Elphidium* (*Elphidiella*) *hallandense* n. sp. — BROTZEN in HESSLAND, Bohuslän, S. 268, Abb. 109, Fig. 2.

v 1952 *Elphidium* (*Elphidiella*) *asklundi* BROTZEN — ROTTGARDT, Schleswig-Holstein, S. 183, Taf. 2, Fig. 17.

1957 *Nonion depressulus* (WALKER & JACOB) forma *asterotuberculatus* n. f. — VAN VOORTHUYSEN, Eemien, S. 28, Taf. 23, Fig. 3.

v 1962 *Nonion depressulum* (WALKER & JACOB 1798) *asterotuberculatum* VAN VOORTHUYSEN 1958 — HAAKE, Langeooger Watt, S. 41, Taf. 3, Fig. 5.

Material: 250 Exemplare. Belegstücke UKG 1334.

Zur Beschreibung: Auf der Externseite unterhalb der Mündungsfläche ist eine Art Riefung ausgebildet. Dadurch entstehen kleine Rinnen, die zu den meist nicht mehr sichtbaren Mündungslöchern führen und durch schmale gratartige Leisten getrennt sind. Es dürfte sich hierbei um eine besondere Ausbildung der „Granulierung“ (Kalkauflagerung) handeln.

Die bei den von BROTZEN (1946) abgebildeten Holotypen gut sichtbaren Mündungslöcher sind nur bei wenigen Exemplaren zu beobachten. Sie sind sehr klein. Im allgemeinen sind bei den vorliegenden Stücken auf der Endkammer keine Mündungen sichtbar, während die älteren Kammern (nach dem Aufbrechen des Ge-

häuses) an der Basis schlitzförmige, oft briefmarkenzahnartig gezackte Öffnungen zeigen.

Kammerfortsätze (retrol processes) sind bei vielen Exemplaren ausgebildet, doch zeigt dieses Merkmal eine besondere Variabilität. Formen mit deutlichen Fortsätzen sind durch Übergangsformen mit Gehäusen verknüpft, deren Suturen völlig glatt verlaufen. Vielfach sind die leicht eingesenkten Nähte auch teilweise von der Granulierung bedeckt, so daß man nur schwer zwischen Kalkkörnern der Granulierung und Kammerfortsätzen unterscheiden kann.

Einzelne Populationen zwischen 20 und 40 m Wassertiefe bei Bornholm fallen durch sehr geringe Gehäusedicke und stärker nach hinten gebogene Suturen auf. Es liegt noch nicht genügend Material vor, um die taxonomische Bedeutung dieser Besonderheit beurteilen zu können; es ist möglich, daß die Bornholm-Formen als Unterart abgetrennt werden müssen. In den statistischen Auswertungen wurden sie jedoch nicht abgetrennt.

Sogenannte „Doppelporenreihen“ konnten nicht beobachtet werden. Sie dürften nur bei besonders großwüchsigen Exemplaren, wie sie im vorliegenden Material fehlen, vorkommen. Auch ROTTGARDT (1952, S. 183) deutet an, daß es sich dabei um ein ontogenetisch spätes Merkmal handelt. VAN VOORTHUYSEN (1957, S. 29) konnte auch an Topotypen von *asklundi* keine „Doppelporenreihen“ feststellen.

Zur Taxonomie: Die Variabilität der vorliegenden Exemplare ist so groß, daß eine Abtrennung von *Cr. asklundi* nicht gerechtfertigt erscheint. Die Unterschiede zu der Beschreibung BROTZEN's dürften mit dem Größenwachstum zusammenhängen (s. o.): die Holotypen von *asklundi* und *hallandense* sind 1 mm und 0,75 mm groß, während die vorliegenden rezenten Populationen größtenteils juvenile Gehäuse umfassen und über 0,5 mm nicht hinausgehen.

Bei der Beurteilung der Mündungsverhältnisse (Gattungszugehörigkeit) muß berücksichtigt werden, daß auch bei anderen *Cribrononion*-Arten variable Mündungen festgestellt werden konnten.

VAN VOORTHUYSEN (1957, S. 29) weist bereits darauf hin, daß *asklundi* und seine „forma *asterotuberculatum*“ sehr eng verwandt sind, hält es jedoch für „nicht verantwortet“ sie zusammenzuziehen. Er vermutet auch, daß es sich bei den beiden Formen um „physiologische Rassen“ handelt, wobei es unverständlich bleibt, wieso Rassen in verschiedene Arten und sogar Gattungen gestellt werden können (*Nonion* und *Elphidium*!).

Verbreitung: In geringen Prozentanteilen (durchschnittlich um 10%) in der Beltsee. Etwas häufiger auf den Untiefen, die in die Oberflächenwasserschicht hineinreichen. Besonders häufig auf den Schwellen, die das Bornholmbecken und Arkonabecken einrahmen. Als typische Art des Oberflächenwassers ist *Cr. asklundi* demnach als ausgesprochene Brackwasserart anzusehen.

Maße: 0,4—0,5 mm (größter Durchmesser).

*Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB 1798)

Taf. 15, Fig. 38

\* 1798 *Nautilus lobatulus* — WALKER & JACOB, Adam's Essays, S. 462, Taf. 14, Fig. 36.

v 1962 *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB 1798) — HAAKE, Langeooger Watt, S. 44, Taf. 4, Fig. 7—9.

Material: 6 Exemplare. Belegstücke UKG 1335.

Verbreitung: Auf Rotalgen in Wassertiefen um 20 m im Fehmarnbelt. Selten.

Maße: 0,4—0,9 mm (größter Durchmesser).



### C. Ökologischer Teil

#### 1. Geologische und hydrographische Verhältnisse

Bekanntlich ist die Ostsee geologisch gesehen als besonders junges Nebenmeer anzusprechen. Noch während der letzten Vereisung war das gesamte Gebiet der heutigen Ostsee vom Inlandeis bedeckt. Mit dem Abschmelzen des Eises gingen wie in den Interglazialzeiten Ausgleichsbewegungen der Erdkruste einher. Diese drücken sich am deutlichsten in der einwandfrei ermittelten Heraushebung des eisentlasteten fennoskandischen Schildes aus, sind jedoch ebenso für Senkungen in der Randzone des Schildes verantwortlich (KÖSTER 1960a, b). Da gleichzeitig mit diesen Krustenbewegungen der Meeresspiegel anstieg, ist die gesamte postglaziale Entwicklung des Ostseegebietes weitgehend als ein Zusammenspiel dieser beiden Vorgänge zu verstehen. Je nach dem Überwiegen des einen oder des anderen erfolgten Abschnürung und Aussüßung oder aber Meereseinbrüche. Es ist als wissenschaftliche Leistung skandinavischer, aber auch norddeutscher Forscher zu würdigen, daß die in dieser Weise entstandene Abfolge von Meer und Süßwasserseen in einer Genauigkeit rekonstruierbar wurde, die für andere Gebiete oder gar ältere Perioden der Erdgeschichte noch nicht denkbar erscheint. Ihre wechselvolle Geschichte wird in vielen Lehrbüchern dargestellt und braucht hier nicht im Einzelnen wiederholt zu werden. Im Großen gesehen zeigt sie die nach charakteristischen Mollusken benannten Stadien:

|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| vor 12000 Jahren | Baltischer Eissee |
| „ 10000 „        | Yoldiameer        |
| „ 8500 „         | Ancylussee        |
| „ 7000 „         | Littorinameer     |

Die Jetztzeit kann in dieser Ostsee-Gliederung als später Abschnitt der Littorina-Zeit aufgefaßt werden, der infolge geringeren Salzwasser-Einstroms bereits wieder niedrigere Salzgehalte des Ostseewassers aufweist.

Wesentlich für unsere Probleme erscheint noch die Tatsache, daß das Gebiet der noch heute relativ flachen Beltsee (30 m, in Rinnen bis 43 m tief) bis zur Littorina-Transgression landfest gewesen ist.

Der östlich der Darsser Schwelle gelegene Teil der Ostsee ist in präglazial angelegte Becken und Schwellen gegliedert. Diese vorgegebene morphologische Gliederung prägt im Zusammenspiel mit klimatischen Faktoren (Lage im niederschlagsreichen, humiden Bereich; vorherrschende Westwinde) das hydrographische Bild der Ostsee: das durch Flüsse und Niederschläge zugeführte Süßwasser schiebt sich als 40 bis 80 m mächtige Oberflächenwasser-Schicht westwärts durch die schmalen Ostseezugänge der Belte und des Sunds in die Nordsee. Bei kräftigen Westwind-Wetterlagen und bestimmten Ausgangssituationen (Wasserstände) strömt in entgegengesetzter Richtung das salzhaltigere Nordseewasser (34‰) in die Beltsee ein und unterschichtet dank seiner größeren Dichte das dort befindliche Ostseewasser. In unregelmäßigen Abständen von mehreren Jahren (FONSELIUS 1962) kann bei besonders günstigen Wetterlagen soviel Nordseewasser einströmen, daß das Ostseewasser über die Darsser Schwelle zurückgedrückt wird. In solchen Fällen strömen größere Mengen salzhaltigeren Wassers als Tiefenströmung in die eigentliche Ostsee ein, wo der morphologisch vorgezeichnete Weg durch das flache Arkonabecken (46 m) in das Bornholmbecken (105 m) und von dort (bei entsprechenden Quantitäten) in das Gotlandbecken (249 m) und das Landsorttief (427 m) eingeschlagen wird. Das dort bereits von früheren Einströmen lagernde salzhaltigere Wasser wird je nach Dichte über- oder unterlagert.

Das westwärts strömende Oberflächenwasser fließt daher bereits in der östlichen Ostsee über tiefer lagernde, salzhaltigere Wassermassen. Durch Vermischungsvorgänge an der Grenze der Wasserkörper kann es so ständig salzhaltigeres Wasser aufnehmen, so daß der Salzgehalt des Oberflächenwassers von Ost nach West ansteigt: in der Aalandsee werden im allgemeinen 4—5‰ gemessen, im Arkonabecken sind es meist 7—9‰ und in der Beltsee, kurz vor dem Ausströmen in die Nordsee, sind es bereits häufig zwischen 10—15‰. Die flache Beltsee kann als eine Art Mischkessel angesehen werden; Salzgehaltsunterschiede von der Oberfläche zum Meeresboden von 15‰ und mehr sind keine Seltenheit. Andererseits wirken sich in diesem flachen Meeresgebiet die Winterstürme besonders stark auf die Wasserschichtung aus und heben periodisch die Schichtung auf: große Teile des Beltseewassers sind dann völlig homogenisiert. Ähnliche Verhältnisse treten im Fehmarnbelt (südlich der Haupt-Einstromrinne des Großen Beltes) auch bei starken Einstromlagen auf, d. h. von der Oberfläche bis zum Boden werden dieselben hohen Salinitätswerte des einströmenden Wassers gemessen. In fast allen Teilen der Beltsee schwanken Temperatur und Salzgehalt des Wassers also beträchtlich; Durchschnittswerte können nur als Schwankungsbreite (vgl. Abb. 27) angegeben werden.

Demgegenüber bleiben die Eigenschaften des einmal über die Darsser Schwelle vorgestoßenen Tiefenwassers konstanter. Da jedoch das salzhaltigste Wasser infolge seiner Schwere jeweils im Beckentiefsten liegt, kann über die Schwelle zum nächsten Becken nur salzärmeres Wasser vordringen. Der Salzgehalt nimmt daher von Westen nach Osten ab, und von Becken zu Becken werden niedrigere Salzgehalte gemessen: im Arkonabecken meistens um 15‰ mit Spitzen in einzelnen Jahren bis zu 20‰, im Bornholmbecken zwischen 13 und 16‰, im Gotlandbecken bis etwa 12,5‰ und im Landsorttief 11‰.

Die Ostsee ist demnach ein Brackmeer, das fast die ganze Skala denkbarer Brackwasser-Biotope der Beobachtung zugänglich macht. In Abb. 27 ist der Versuch gemacht worden, die Schwankungsbreiten von Temperatur und Salzgehalt der Beckenwässer einerseits und des Oberflächenwassers der verschiedenen Gebiete andererseits zusammenzustellen. Es ist deutlich, daß die Salzgehalte der Beckenwässer weniger schwanken als die des Oberflächenwassers der Beltsee, jedoch im Großen gesehen in dem gleichen Bereich der Salzgehalts-Skala liegen. Sehr unterschiedlich ist dagegen die Temperatur, die infolge der nördlichen Lage an der Oberfläche beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist, während sie in den tieferen Becken relativ konstant bleibt.

Zwei Faktoren, die die Umweltbedingungen der Foraminiferen beeinflussen, sind hier noch nicht erwähnt: der Sauerstoffmangel in den Becken und die stärkere Erniedrigung des Salzgehaltes in Ästuaren. Wie in vielen Brackmeeren wird auch in der Ostsee der Gasaustausch durch die thermohaline Schichtung stark behindert. Die normale Zufuhr von Sauerstoff durch Vermischung mit Oberflächenwasser reicht nicht aus, um den Sauerstoffverbrauch bei der Oxydation des reichlich anfallenden organischen Materials wettzumachen. In Perioden geringen oder ganz fehlenden Zustroms frischen Nordseewassers (z. B. 1953—1959) ist der Sauerstoff der Beckenwässer daher schnell verbraucht. Die Redox-Grenze im Sediment steigt nach oben und wird bis in das freie Wasser verlagert, das nach FONSELIUS (1962) in solchen Fällen freien Schwefelwasserstoff enthalten kann. Benthonische Foraminiferen können dann wie andere Organismen nicht mehr existieren. Demgegenüber liegen die Beckenrandgebiete und Schwellen auch in solchen Perioden im zwar wesentlich kälteren und salzärmeren, dafür aber sauerstoffhaltigen Zwischenwasser. Sie können daher auch in Zeiten fehlender Wassererneuerung Bodentieren Lebensmöglichkeiten bieten.

Sonderverhältnisse bieten auch die Flußmündungen, in denen der Salzgehalt natürlich besonders stark erniedrigt wird. In den wenig Wasser führenden Zuflüssen der Beltsee wird dieser Effekt jedoch häufig durch Temperatureinflüsse kompliziert, da in seichten Buchten der Flußmündungen (z. B. Schleimündung) im Sommer wesentlich höhere Temperaturen als in der offenen Ostsee erreicht werden können. Das gleiche ist in flachen, durch Sandbänke abgetrennten Lagunen der Fall.

Morphologie, Klima sowie die weitgehend von ihnen abhängige Hydrographie bestimmen gemeinsam die Sedimentationsverhältnisse der Ostsee, wenn man von den vorgegebenen Sedimentquellen absieht. Nach PRATJE (1948) und SEIBOLD (1964) drückt sich das vor allem darin aus, daß das feinkörnigere Material im Bereich des turbulenten Oberflächenwassers nur in Ausnahmefällen (wie windgeschützten Förden) zur Ruhe kommen kann. Bessere Bedingungen bietet dafür das in den Becken lagernde Tiefenwasser: in fast allen Becken stimmt die Obergrenze des Schlicks ungefähr mit der durchschnittlichen Tiefenlage der Salzgehalts-Sprungschichten überein (PRATJE 1948, BARNER 1964). Darüber werden nur wesentlich gröbere Sedimente abgesetzt, wie Barner (1964) auch für den Südausgang des Großen Beltsees zeigen konnte. Die Siltkomponente fehlt dort in Ablagerungen über der 20-m-Linie fast völlig.

Aber auch im Bereich der Schlick-Sedimentation der Becken sowie der tieferen Teile der Beltsee kann gröberes Sediment entstehen, wenn das mit beträchtlichen Stromgeschwindigkeiten einströmende Tiefenwasser in enge Rinnen und Durchlässe gezwängt wird. Diese größtenteils alt angelegten Rinnen werden nach WERNER (1964) vom Tiefenstrom immer wieder ausgefegt und zeigen neben anstehendem Pleistozän die verschiedenartigsten Sedimenttypen oft dicht nebeneinander. Selbst an einer der tiefsten Stellen des Bornholmbeckens (unterhalb Christiansø) konnte bei den Aufsammlungen zu dieser Arbeit ein derartiges Erosionsgebiet festgestellt werden. Der anstehende pleistozäne Bänderton ist dort stellenweise nur mit wenigen Millimetern Kies (ausgewaschenes Restsediment) sowie mit Manganoxydkrusten bedeckt. Obwohl alle diese Vorkommen flächenmäßig keine Bedeutung haben, spielen sie doch bei der Beurteilung der einzelnen ökologischen Faktoren eine wichtige Rolle: man hat hier grobes Bewegungswasser-Sediment im Bereich des Tiefenwassers.

Ähnliche Sedimente entstehen bekanntlich in den Auswaschungsgebieten in 8—13 m Tiefe, von denen hier der Stoller Grund, das Gabelsflach (westliche Beltsee) und der Adlergrund (südlich Bornholm) näher untersucht wurden. Die Restsedimente bedecken diese Untiefen allerdings in etwas dickerer Schicht und schützen den pleistozänen Untergrund vor weiterer Auswaschung (JARKE 1948).

Zwischen diesen begrenzten Auftragungen mit sandig-kiesigem Sediment und den unter 18—20 m gelegenen Schlickgebieten vermitteln in der Beltsee weite Flächen mit vorherrschender Feinsand-Sedimentation (Zone der küstenfernen Sandanhäufung nach JARKE 1948). Offenbar drückt sich auch hier die zunehmende Entfernung vom Liefergebiet in einer Abnahme der mittleren Korngröße des klastischen Sediments aus.

Als letztes Element wären die Küsten-Wandersande zu nennen, die in der Kieler Bucht von der Wasseroberfläche bis etwa 7—10 m entlang der Küste vorkommen.

Auf die Darstellung der Sedimente in dieser Arbeit wird vor der Besprechung des ersten Faunen-Diagramms im Kapitel „Beltsee“ näher eingegangen.

## 2. Bisherige Kenntnisse

Die ersten ökologischen Beobachtungen an Foraminiferen der Ostsee wurden von RHUMBLER (1935, 1936) in seiner Beschreibung der Foraminiferen der Kieler

Bucht mitgeteilt. Er wies bereits auf die auffällige Häufigkeit von *Eggerella scabra* in der Totfauna hin und versuchte Besonderheiten im Aufbau der Sandschaler-Gehäusewandungen zu deuten. RHUMBLERS's Untersuchungen gingen jedoch von nicht quantitativ aufgesammeltem Material aus, so daß Rückschlüsse auf die damalige Besiedlung der Kieler Bucht (1932) nur schwer möglich sind. Immerhin ist wahrscheinlich, daß *Ammotium cassis* damals in der Kieler Bucht kaum vorkam und auch *Reophax aduncus* nicht in den heutigen Häufigkeiten auftrat.

Ökologische Gesichtspunkte wurden erstmalig von ROTTGARDT (1952) in den Vordergrund gestellt. Obwohl in dieser Arbeit nicht zwischen lebenden Foraminiferen und leeren Gehäusen unterschieden wird, sind bereits die Grundzüge der Foraminiferen-Besiedlung der Kieler Bucht angedeutet. Es werden vier Faunengemeinschaften unterschieden: die marine, die brackisch-marine (Förden und Untiefen der Kieler Bucht), die des „typischen Brackwassers“ (z. B. Hagener Au). Die Verbreitung dieser Gemeinschaften wird nach ROTTGARDT durch den Salzgehalt des Wassers bestimmt, wobei weniger der Durchschnitts-Salzgehalt als vielmehr Schwankungsbreite und Minimalwerte als ausschlaggebend angesehen werden. Temperatur und Sediment üben dagegen nach ROTTGARDT keinen wesentlichen Einfluß auf die Verteilung der Foraminiferen in der Kieler Bucht aus. Aus dem Vorhandensein von Foraminiferen in Sanden glaubt ROTTGARDT Rückschlüsse auf die Strömungsgeschwindigkeiten, unter denen das Sediment abgelagert wurde, ziehen zu können. Wichtig ist sein aus dem Vergleich der Ostsee- und Nordseefaunen mit Brackwasserfaunen des Ärmelkanals abgeleiteter Hinweis, daß kalkschalige Foraminiferen bei höheren Temperaturen niedrigere Salzgehalte tolerieren und dementsprechend weiter in brackisch-limnisches Gebiet vordringen können. Auf einzelne Ergebnisse der ROTTGARDT'schen Untersuchung wird bei der Deutung der vorliegenden Befunde noch näher eingegangen.

Ökologische Befunde, die in ähnlichen Biotopen, jedoch in weiter entfernten Gebieten gewonnen wurden, lassen sich hier nicht ohne weiteres anwenden. Wie auch HÖGLUND (1947, S. 299) betont, ist die unterschiedliche Benennung und Abgrenzung der Arten noch so verwirrend, daß nur in seltenen Fällen Klarheit besteht, welche Arten wirklich gemeint sind. Die umfangreiche amerikanische Literatur wird deswegen hier nicht behandelt.

Erwähnt werden müssen dagegen die in den letzten Jahren an Foraminiferen-Faunen der Nordsee-Watten durchgeführten Untersuchungen, auf die in den folgenden Kapiteln zum Teil noch näher eingegangen wird. Nach BARTENSTEIN (1938, Jadebusen) und ROTTGARDT (1952) sind die häufigsten Arten der eigentlichen Wattenflächen *Nonion depressulum*, *Cibrononion excavatum*<sup>1)</sup> und *Ammonia beccarii*.

Im Bereich der Hochwasserlinie und in den Außengroden treten die Brackwasserarten *Trochammina inflata*, *Tr. nitida*, *Miliammina fusca* und *Jadammina polystoma* auf, während der marine Bereich unterhalb der 17-m-Linie durch *Eggerella scabra* charakterisiert wird. Beide Autoren unterscheiden nicht zwischen lebenden Foraminiferen und leeren Gehäusen; auch scheint die ökotypische *Cr. cf. alvarexianum* nicht abgetrennt worden zu sein. Nach BARTENSTEIN nimmt die Größe und Dicke der Kalkschaler von der Küste zum Meer zu.

VAN VOORTHUYSEN (1960, Dollart-Ems-Ästuar) wandte in unserem Gebiet erstmals die Färbemethode nach WALTON zur Kennzeichnung der tatsächlich noch lebenden Formen an. Dadurch konnte er eine Reihe von Arten als vermutlich eingeschwemmt ausscheiden. Im wesentlichen setzt sich auch in dem von ihm untersuchten Gebiet die Fauna aus denselben Arten zusammen, die auch BARTENSTEIN und ROTTGARDT

<sup>1)</sup> nicht „*Cr. excavatum*“ im Sinne von CUSHMAN und nachfolgender Autoren! Vergleiche mit taxonomischen Teil, S. 100.

aufführen. Für einige Arten deutet er eine Abhängigkeit vom Sediment an: *Cr. cf. alvaregianum* soll feinsandige Böden mit ruhigem Wasser und *Cr. gunteri* den Uferschlick bevorzugen.

Auch HAAKE (1962), der Wattenflächen bei Langeoog untersuchte, fand, daß die Besiedlung „von der Fazies“ abhängig“ ist. Er konnte zeigen, daß auch im Langeooger Watt *Cr. gunteri* auf Schlickböden beschränkt ist. *Cr. excavatum* dagegen zeigt, obwohl wie *Nonion depressulum* über das ganze Watt verteilt, deutliche Häufigkeits-Spitzen im Sandwatt. *Cr. cf. alvaregianum* ist selten und auf das höher gelegene Mischwatt beschränkt; *Ammonia beccarii* tendiert dagegen zum Schlickwatt. Die Sandwatten sind nach HAAKE durch einen geringeren Prozentsatz lebender Foraminiferen gekennzeichnet, was mit der Nahrungsarmut in Verbindung gebracht wird (auch die absolute Besiedlungsdichte ist geringer!). Wie BARTENSTEIN, ROTTGARDT und VAN VOORTHUYSEN gibt HAAKE nur Prozentzahlen der einzelnen Arten; einige quantitative Angaben zeigen aber bereits, wie unterschiedlich die Besiedlungsdichte an eng benachbarten Entnahmeorten sein kann. Die höchste Besiedlungsdichte fand HAAKE mit 540 Exemplaren auf 10 cm<sup>2</sup> im Schlickwatt.

G. RICHTER (1964), der in den letzten Jahren die Fauna des Jadebusens untersuchte, konnte zeigen, daß die Maxima der Foraminiferen-Besiedlung mit den Minima der Ebb- bzw. Flutstromgeschwindigkeit übereinstimmen. Besonders im Bereich der Hochwasserlinie fand er (wie auch PHLEGER & WALTON 1950!) stets die größte Besiedlungsdichte (bis zu 4600 Exempl./10 cm<sup>2</sup>), und zwar unabhängig vom dort vorherrschenden Sediment. RICHTER nimmt an, daß für diese Verteilung die in Gebieten mit höherer Turbulenz sicher stärkere Störung der Lebenstätigkeit der Tiere verantwortlich ist. Auch in der Verteilung einzelner Arten fand RICHTER im Gegensatz zu VAN VOORTHUYSEN und HAAKE Hinweise dafür, daß die Fauna eher vom Grad der Wasserbewegung als vom Sediment abhängig ist: so ist *Cribrononion cf. alvaregianum* im Jadebusen und bei Mellum auf die windgeschützte Westküste beschränkt; sie soll eine Leitform für Lebensräume mit schwacher Wasserbewegung darstellen. *Cr. excavatum* dagegen, die im Gegensatz zu dieser Art in tieferen Sedimentschichten lebt (bis 6 cm!), kann diese Gebiete mit meist sehr dünner Oxydationsschicht nicht besiedeln. Sie ist deswegen auf Gebiete mit stärkerer Wasserbewegung beschränkt, in denen auch die Oxydationsschicht mächtiger ist. Das sind vielfach, aber nicht immer Gebiete mit ähnlichen Sedimenten. RICHTER kommt daher zu dem Schluß, daß die Zusammenhänge zwischen Wasserbewegung, Sediment und Mächtigkeit der Oxydationsschicht häufig eine Abhängigkeit der Foraminiferenfauna vom Sediment vortäuschen.

Diese unterschiedliche Interpretation ähnlicher Beobachtungen zeigt deutlich, wie schwierig es ist, allein aus Geländebeobachtungen ökologische Folgerungen zu ziehen und die wirklich verbreitungsregulierenden Faktoren zu erkennen.

### 3. Lagunen und Ästuare

Nach den Definitionen von EMERY & STEVENSON (in HEDGPETH 1957) sind Ästuare die erweiterten Flußmündungen, in denen das Flußwasser das Meerwasser merklich verdünnt; Lagunen dagegen sind flache Wasserkörper, die vom Meer oder Fluß durch schmale Barrieren getrennt sind, jedoch mit diesen noch in Verbindung stehen. Übergänge zwischen den beiden sind nach den genannten Autoren häufiger als reine Lagunen bzw. Ästuare.

In der Kieler Bucht kommen beide Typen vor; so kann zum Beispiel die Schleimündung als langgestrecktes Ästuar oder das durch die Sandbarrieren des Bottsands

geschützte Seichtwassergebiet als Lagune aufgefaßt werden. Charakteristisch für diese Gebiete sind starke Schwankungen der Wassereigenschaften und Sedimentationsbedingungen, die sowohl aperiodisch (z. B. als Folge von überdurchschnittlichem Salzwassereinstrom in die Beltsee) als auch jahreszeitlich auftreten und in ihrem Ausmaß teilweise beträchtlich über den Schwankungen der offenen Ostsee liegen.

Da die Foraminiferen-Faunen dieser Gebiete ausführlich von ROTTGARDT (1952) behandelt wurden, sollten sie ursprünglich nicht in die vorliegende Untersuchung einbezogen werden. Lediglich um auch das Extrem der mit der Salzgehalts-Erniedrigung verbundenen Faunenveränderung aus eigener Anschauung kennenzulernen, wurden 1964 in der Außenschlei, am Bottsand bei Stein und in der Hagener Au etwa 35 Proben entnommen und untersucht. Die Ergebnisse waren so interessant, daß weiterreichende Untersuchungen (monatliche Probenentnahme) begonnen wurden, die noch nicht abgeschlossen sind. Hier soll nur auf einige Beobachtungen verwiesen werden, die für das Verständnis der als Abb. 27 gegebenen Gesamtdarstellung der Faunenveränderung wichtig sind.

In den tieferen Bereichen der Außenschlei (Fahrrinne bei Maasholm) schiebt sich die Fauna des Oberflächenwassers der offenen Ostsee in die Flußmündung hinein. Als wichtigste Art tritt *Cribrononion excavatum excavatum* in Erscheinung. Alle flacheren (oft lagunären) Gebiete sind dagegen von *Cr. cf. alvarezianum*, *Miliammina fusca*, *Trochammina inflata* und *Jadammina polystoma* besiedelt. Diese Fauna entspricht ROTTGARDT's Gemeinschaft des „typischen Brackwassers“ (wenn er die Außenschlei-Fauna trotzdem als Ganzes für „brackisch-marin“ hält, so ist das nach Durchsicht seines Belegmaterials auf Mangel an Proben und taxonomische Ungenauigkeiten zurückzuführen). Dieselbe Faunengemeinschaft (vergl. Abb. 27) wurde auch in der Bottsand-Lagune bei Stein angetroffen. In den Gräben im Mündungsgebiet der Hagener Au bei Laboe lebten dagegen nur *Trochammina inflata*, *Tr. nitida*, *Miliammina fusca* und *Jadammina polystoma*. Diese Gemeinschaft konnte von ROTTGARDT auch in einem Graben bei Schilksee nachgewiesen werden, während sie sonst erst in der Innenschlei und in der Obereider bei Rendsburg auftritt.

Man kann also folgendes festhalten: eine im Sinne von REMANE brackisch-limnische Foraminiferen-Fauna lebt in den stärker ausgesüßten Gebieten der Ästuare und ist durch das Vorherrschen von Sandschalern gekennzeichnet: *Trochammina inflata* und *Miliammina fusca* sind die charakteristischen Arten. Diese Fauna verzahnt sich im Bereich der Außenästuare und Lagunen mit einer Gemeinschaft, die besonders durch die Kalkschalerart *Cribrononion cf. alvarezianum* gekennzeichnet ist. Ihr Lebensraum entspricht dem typischen Brackwasser REMANE's mit Salzgehalten bis zu 9‰. Da mehrere Arten auch im Bereich des Oberflächenwassers der Kieler Bucht vorkommen, wurde diese Gruppe auf Abb. 27 nicht als besondere Gemeinschaft ausgeschieden. Vereinfachend kann man sagen, daß sich im Bereich der Lagunen und Außenästuare die Lebensbereiche der Brackwasser-Foraminiferen der offenen Ostsee und der Foraminiferen des brackisch-limnischen Bereichs überschneiden.

Dabei ist das (durch die WALTON-Färbung) nachweisbare Zusammenleben echter Brackwasserarten wie *Miliammina fusca* mit Arten wie *Cr. cf. alvarezianum* interessant. In der Ostsee ist diese Art, wenn man von dem nicht sauber bestimm- baren Fund im flachen Wasser der Strandzone von Falkenstein absieht, auf die Lagunen und Ästuare beschränkt. Dieser Befund stimmt mit den Angaben von RICHTER (1964) aus dem Jadebusen überein, der sie als typisch für flaches, windgeschütztes und ruhiges Wasser ansieht. Sie lebt im Jadegebiet auf der Oberfläche des Sediments und kann schon deswegen die Gebiete stärkerer Wasserbewegung nicht besiedeln. In der Ostsee ist ihre Verbreitung außerdem sicherlich temperatur-

bedingt, denn nur in Seichtwassergebieten werden sommerlich so hohe Temperaturen (über 20°C) erreicht, daß die im Vergleich zu den Nordseewatten viel niedrigeren Salzgehalte „ausgeglichen“ werden können (Vergrößerung der Salzgehalts-Toleranz mit der Temperatur). Dennoch sind die Salzgehalts-Ansprüche der Art sicherlich höher als die von *Miliammina fusca*, was auch darin zum Ausdruck kommt, daß im Nordseewatt die Lebensbereiche der beiden Arten getrennt sind. Man muß also mit der Möglichkeit rechnen, daß entsprechend den Ausschlägen des Salzgehalt/Temperatur-Systems jeweils nur eine Art aktive Lebenstätigkeit ausübt, die andere dagegen lediglich persistiert (regungsloses Überdauern ungünstiger Perioden von längerer Dauer konnte LEE, New York, nach frdl. mündlicher Mitteilung experimentell nachweisen). Wenn diese Annahme zutrifft, kann man kaum erwarten, in Gebieten mit stark schwankenden Umweltbedingungen allein aus Freilandbeobachtungen verlässliche Schlüsse auf die besiedlungsbestimmenden Faktoren ziehen zu können.

Auch der Gesamt-Artenbestand des brackisch-limnischen Bereichs und der Lagunen und Ästuare der Ostsee ist sehr ähnlich dem der Nordseewatten: alle häufigeren Arten wie *Trochammina inflata*, *Tr. nitida*, *Miliammina fusca*, *Jadammina polystoma* und *Cribronion cf. alvarezanum* kommen auch im Wattenmeer vor (meistens im Bereich der Hochwasserlinie oder in den Außengroden).

Foraminiferen-Untersuchungen über Ästuare und Lagunen in anderen Teilen der Ostsee liegen noch nicht vor.

#### 4. Beltsee

Zur Darstellung:

Um die geographischen Veränderungen der Foraminiferen-Fauna darstellen zu können, wurden die einzelnen Stationen zu Profilen zusammengestellt. Die Lage der Profile in der Beltsee und im Arkonabecken ergibt sich zwanglos aus der Stationsfolge und ist aus den Kartenskizzen (Abb. 1—2) zu ersehen. Da die Lage der Stationen im Bornholmbecken und Gotlandbecken vielfach von fremden Gesichtspunkten abhing, mußten teilweise weiter entfernt liegende Stationen entsprechend der Wassertiefe in die gewählten Profillinien hinein projiziert werden. Die Lage der Profile im Bornholmbecken ist auf Abb. 23 dargestellt.

Entlang dieser Profile wurden die Ergebnisse der statistischen Auswertung in Faunendiagrammen („Bandygrammen“) dargestellt. Jedes dieser Diagramme besteht aus mehreren, übereinander angeordneten Abschnitten; von oben nach unten folgen aufeinander:

1. Topographischer Schnitt entlang der Profillinie
2. Sedimentdiagramm
3. Kurve der Besiedlungsdichte (lebende Foraminiferen pro 10 cm<sup>3</sup>)
4. Diagramm der Lebendfauna (gefärbte Gehäuse)
5. Diagramm der Totfauna (leere Gehäuse)
6. Darstellung des prozentualen Verhältnisses Lebendfauna/Totfauna
7. (nur für Beltsee und Arkonabecken) absolute Häufigkeiten wichtiger Arten oder Artengruppen

Für die Darstellung der Sedimente wurde ein vereinfachtes Verfahren gewählt, das zunächst relativ grob anmutet: das Volumen des nach dem Schlämmen auf dem 0,1-mm-Sieb zurückbleibenden Schlämmerückstandes wurde gemessen und auf das Ausgangsvolumen der Probe bezogen. Da dieses als Bezugsgrundlage für die Besiedlungsdichte ohnehin erforderlich ist, ergibt sich wenig zusätzlicher Arbeits-

aufwand. In den Sedimentdiagrammen wurde der jeweilige Anteil der durch das 0,1-mm-Sieb erzielten Fraktionen am Gesamtvolumen der Proben eingetragen; dabei wurde für die Fraktion  $> 0,1$  mm eine Sandsignatur (Punkte) und für die Fraktion  $< 0,1$  mm eine Tonsignatur (Striche) gewählt. Da beim Schlämmen auch ein 2-mm-Sieb verwendet wurde, um Muscheln und andere gröbere Partikel zurückzuhalten, konnten in einigen Fällen Volumenanteile einer dritten Fraktion  $> 2$  mm ausgeschieden werden (Geröllsignatur).

Es zeigte sich, daß dieser einfache Sedimentparameter gut geeignet ist, die im Untersuchungsgebiet vorkommenden Sedimenttypen zu charakterisieren und sicher verlässlicher, als die sonst bei biologischen Untersuchungen übliche bloße Feldansprache der Sedimente. Die Schlickgebiete der Becken kommen zum Beispiel durch fast völliges Verschwinden, die Schwellen und Untiefen dagegen durch ein Ansteigen der gröberen Fraktion auf bis zu 99% zum Ausdruck. Übergänge zwischen diesen extremen Sedimenten werden ebenfalls kenntlich: man beachte das kontinuierliche Abfallen der groben Fraktion am Stoller Grund auf Abb. 13! Auch die Feinsandgebiete der Beltsee zeichnen sich gut ab; in ihnen beträgt der Volumenanteil der gröberen Fraktion durchschnittlich noch zwischen 20 und 50%. — Ein Vergleich der Sedimentdiagramme von Abb. 14 und 15 zeigt darüberhinaus, daß auch spezielle Sedimentationsvorgänge mit diesem Verfahren erfaßt werden: bei einer spätsommerlichen Probenentnahme wurden im Gabelsflachgebiet einheitlich etwa 40% der Feinfraktion festgestellt. Im Frühjahr des nachfolgenden Jahres war dieser Anteil auf unter 10% zusammengeschmolzen: eine Folge der erhöhten Turbulenz während der stürmischen Wintermonate.

Für die Proben des Längsprofils durch das Arkonabecken wurden anhand von Parallelproben spezielle Korngrößen-Untersuchungen (Siebanalysen) von Dr. E. WALGER, Kiel durchgeführt, dem ich an dieser Stelle für seine bereitwillige Unterstützung herzlich danken möchte. Die wichtigsten Ergebnisse seiner Untersuchung können auf Abb. 18 mit der in dieser Arbeit angewandten vereinfachten Sedimentansprache verglichen werden. Es wird deutlich, daß der Übergang von den groben Schwellensedimenten zum Beckensediment auch mit der einfachen Methode richtig erfaßt wird.

Wie bereits in Kapitel A 3 erwähnt, beziehen sich die Angaben zur Besiedlungsdichte auf das Probenvolumen. Da im Schnitt eine 1 cm mächtige Schicht des Oberflächensediments untersucht wurde, können die auf 10 cm<sup>3</sup> umgerechneten Werte auch auf eine Fläche von 10 cm<sup>2</sup> bezogen werden.

Die Form der eigentlichen Faunendiagramme ist bisher im europäischen Foraminiferen-Schrifttum kaum gebräuchlich. Diskussionen mit vielen Fachkollegen haben gezeigt, daß sie häufig falsch gedeutet werden. Es wird daher hier besonders darauf hingewiesen, daß bei dieser Darstellungsweise die Prozentanteile der einzelnen Arten an der Gesamtfaua übereinander aufgetragen werden. Der Anteil einer Art auf einer bestimmten Station wird also durch eine Strecke repräsentiert, die nicht von einer Grundlinie aus gemessen wird! Der Hauptvorteil dieser Darstellung ist die starke räumliche Konzentration, die es gestattet, mehrere Komplexe synoptisch darzustellen (Sediment, Besiedlungsdichte, Totfauna, Lebendfauna). Auch kleinere Schwankungen in der prozentualen Häufigkeit einer Art können abgelesen und mit etwaigen Änderungen des Sediments, der Wassertiefe usw. in Beziehung gebracht werden, was bei der Verwendung der stark schematisierenden Balkendiagramme häufig nicht möglich ist. Trotzdem kann man mittels Zirkel die genauen Anteile der einzelnen Arten abgreifen, so daß sich lange Tabellen der Auswertungsergebnisse entziffern lassen. — Ein Nachteil dieser „Bandygramme“ ist die scheinbar fehlende Flächentreue bei schnell wechselnder Zusammensetzung der



Fauna: der Anteil einzelner, ungünstig platzierter Arten kann dann zu einem schmalen Zickzackband ausdünnen, dessen Fläche irrtümlich kleiner erscheint als Flächen gleichhäufiger Arten. Ich nehme aber an, daß dieser Nachteil gegenüber den Vorteilen kaum ins Gewicht fällt. Abschließend muß aber noch einmal betont werden, daß es sich bei den Faunendiagrammen nicht um Kurven-Darstellungen handelt, sondern daß die Prozentanteile der einzelnen Arten durch Flächen in einer bestimmten Signatur dargestellt sind. Die einzelnen Signaturen sind auf Abb. 14 erläutert; Arten ohne Signatur sind durch ihre (abgekürzten) Namen in den Diagrammen selbst oder in den Abbildungsunterschriften ausgewiesen.

#### Strandzone der Kieler Bucht:

Ebenso wie die Lagunen und Ästuarie sind auch der offene Vorstrand und die Küstenwandersande nicht eigentlich Gegenstand der vorliegenden Untersuchung gewesen. Da jedoch nach ROTTGARDT (1952, S. 193, 216) die Küstenwandersande „praktisch fossilfrei“ sind und in dieselben Foraminiferen allenfalls „eingedriften“ werden können, die dann aber nicht erhalten bleiben, haben bereits die Ergebnisse der wenigen im Sommer 1964 entnommenen Orientierungsproben ein gewisses Interesse. Drei dieser insgesamt 5 Proben enthielten lebende Foraminiferen, und zwar *Cribronion cf. alvarexianum* (Übergangspopulationen zu *Cr. cf. gerthi*). Da die Populationen größtenteils juvenile Exemplare umfaßten, war die Bestimmung nicht einwandfrei durchzuführen.

Die höchste Besiedlungsdichte wurde im August auf dem Vorstrand bei Falkenstein (Kieler Förde) mit 12/10 cm<sup>3</sup> festgestellt, während Funde bei Noer und Stein zu selten waren, um verlässliche Werte abzugeben. Damit liegt die höchste Besiedlungsdichte größenordnungsmäßig im Bereich der auf dem Stoller Grund und dem Gabelsflach (Kieler Bucht) an den flachsten Stellen ermittelten Werte. Auch das Vorherrschen juveniler Formen wurde häufig auf diesen Untiefen beobachtet. Eine weitere Parallele liegt im Zurücktreten leerer Gehäuse, das im Falle Gabelsflach und Stoller Grund mit dem Abtransport der leicht flottierenden Schalen bei tiefer reichendem Seegang (Winter) erklärt wird. Man kann vermuten, daß auch der Vorstrand auf ähnliche Weise immer wieder von Foraminiferen gereinigt wird. Es kann jedoch ziemlich sicher angenommen werden, daß in den ruhigen Sommermonaten auch dieser Lebensraum stets von neuem durch Foraminiferen besiedelt wird. Ein „Eindriften“ der Gehäuse aus benachbarten Biotopen kann ausgeschlossen werden.

#### Kieler Bucht, Oberflächenwasser:

Die Stationskarte der Beltsee (Abb. 1) zeigt bereits, daß die Untersuchungen im wesentlichen auf den mittleren und südwestlichen Teil der Kieler Bucht beschränkt waren. Die meisten Stationen liegen auf drei Profilen: 1) auf einem Nord-Süd-Profil vom Bahnhof Kiel über das Gabelsflach zur Vejsnäs-Rinne, 2) auf einem im Bogen von der Außenförde über den Stoller Grund verlaufenden und 3) auf einem vom Gabelsflach ostwärts in Richtung Fehmarn anschließenden Profil (Teil des Fehmarnbelt-Profiles).

Ein Blick auf den topographischen Schnitt des Nord-Süd-Profiles (Abb. 15) zeigt, daß das Gebiet der Kieler Förde nach Norden durch eine Art Barriere abgeschlossen wird. Die höchsten Aufragungen derselben sind der Stoller Grund und das Gabelsflach (Wassertiefen 8 und 9 m). Auf beiden wurde eine von der Umgebung abweichende, charakteristische Foraminiferen-Gemeinschaft angetroffen. Sie ist (s. Abb. 13, 15) durch das Vorherrschen der flachen Nordsee-Unterart von *Cribronion excavatum* und das häufige Vorkommen von *Cr. cf. gerthi* gekennzeichnet, die geradezu als „Leitform“ für die Untiefen angesprochen werden kann. Außerdem

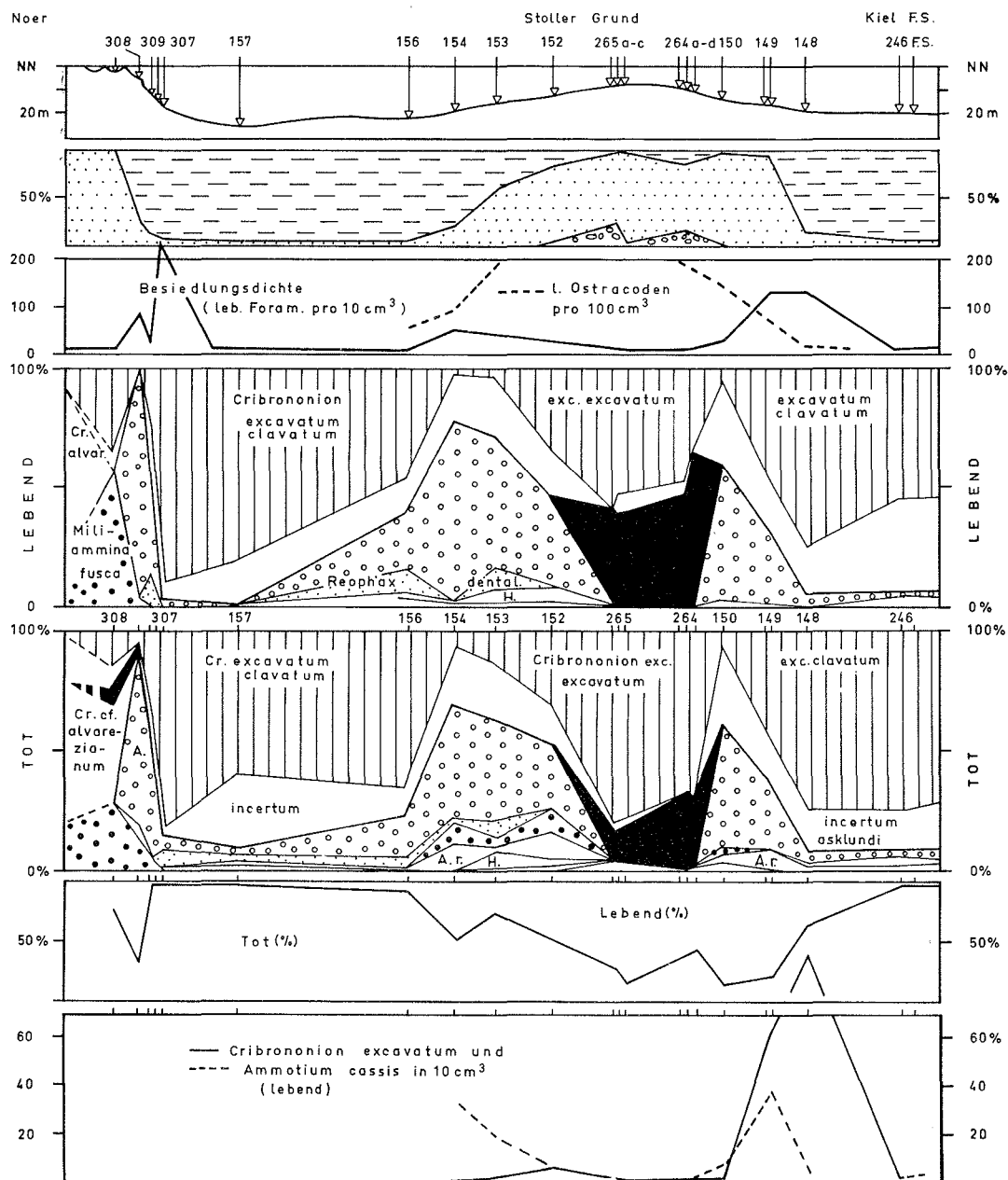
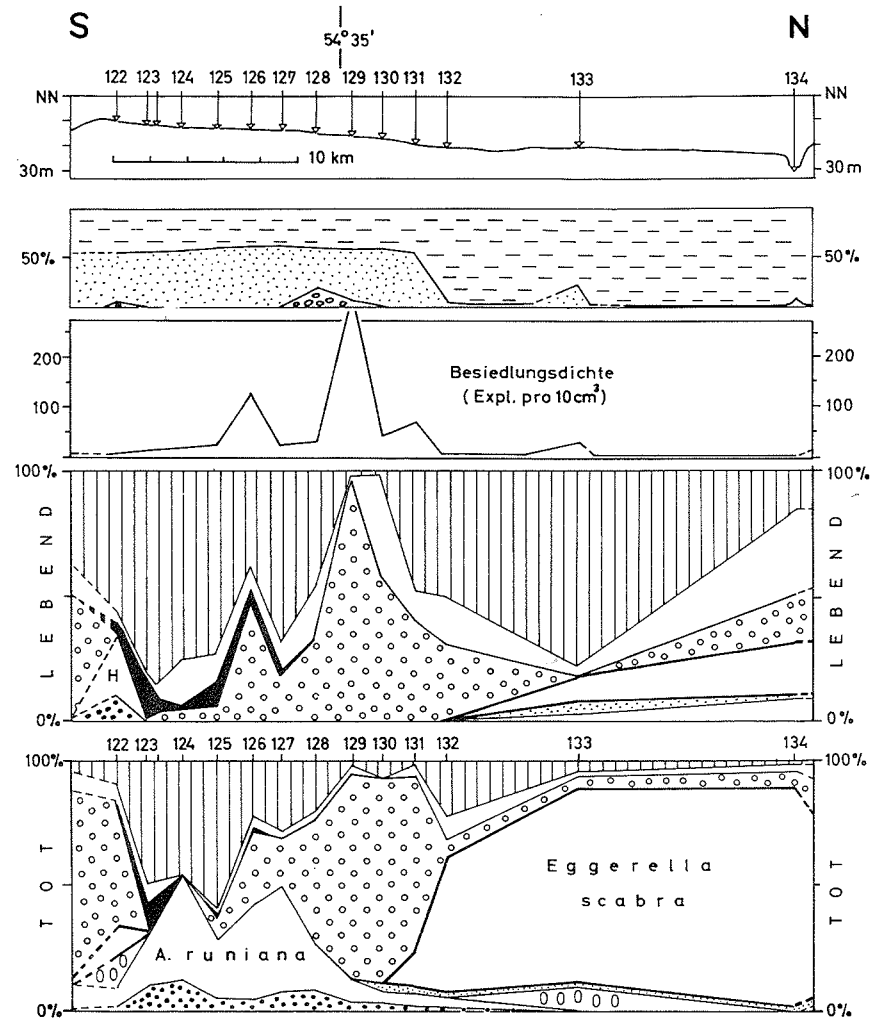
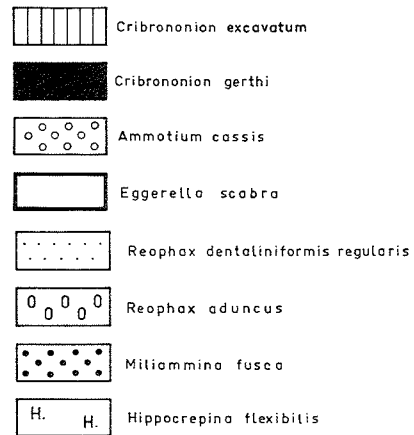
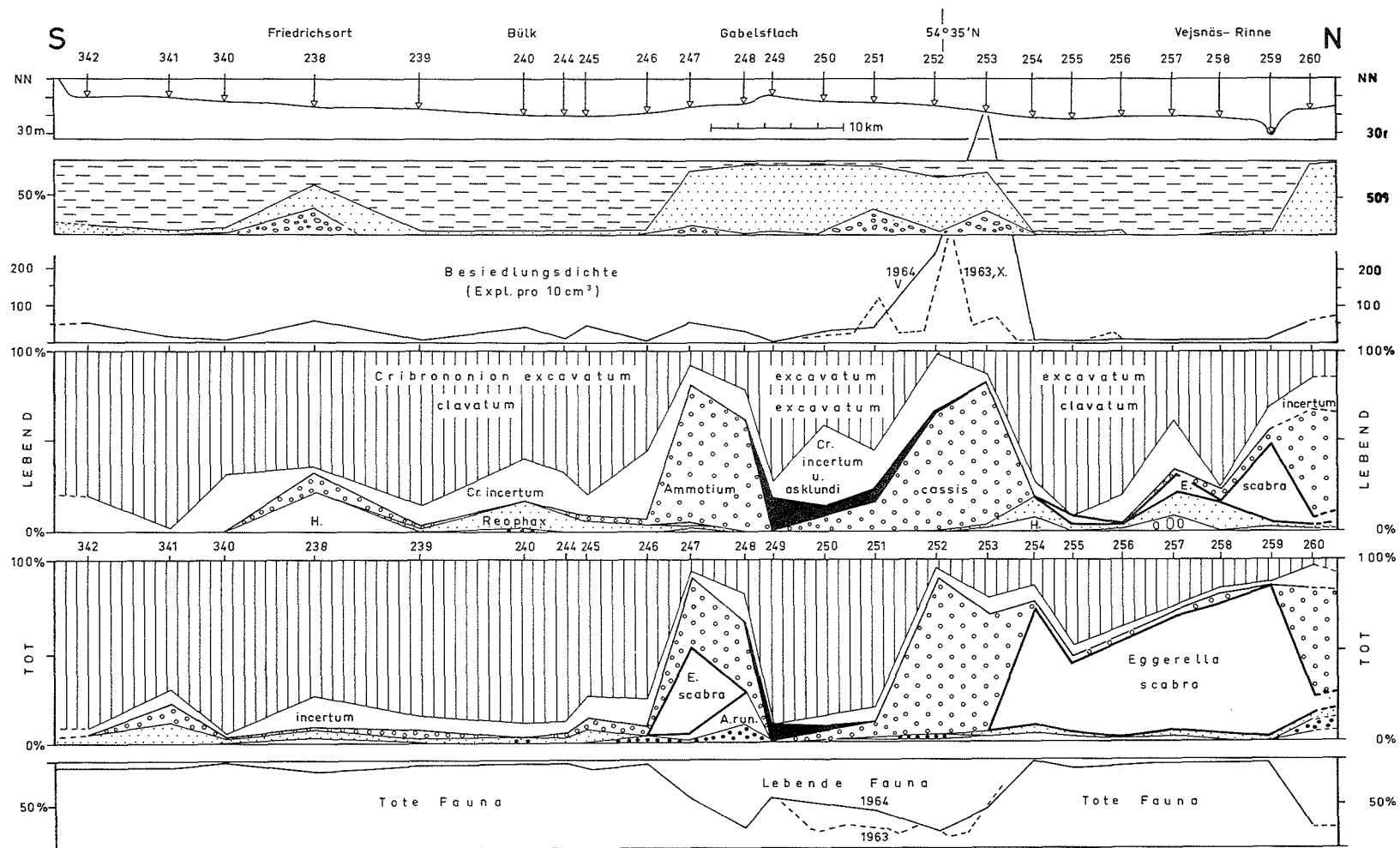


Abb. 13: Stoller Grund. Erklärung der Signaturen siehe Abb. 14!



Meyniana 15, 1965, LUTZE

Abb. 14: Gabelsflach, Oktober 1963. — Links Erklärung der Signaturen.



Meyniana 15, 1965, LUTZE

Abb. 15: Nord-Süd-Profil Kiel—Gabelsflach—Vejsnäs Rinne, Mai 1964.

kommt noch *Cr. asklundi* vor. — Besonders interessant ist der hohe Prozentanteil, den *Ammoscalaria runiana* und *Miliammina fusca* in der Totfauna auf dem Gabelsflach erreichen (Abb. 14)!). Ihr Fehlen in der Lebendfauna zeigt bereits, daß sie dort nicht ständig siedeln können. Diese Annahme bestätigte sich bei der zweiten Aufsammlung, die 8 Monate später im Frühjahr des folgenden Jahres durchgeführt wurde (Abb. 15): nicht nur fehlten die beiden Arten abermals in der Lebendfauna, sie waren auch in der Totfauna nicht mehr vorhanden, obwohl verhältnismäßig mehr leere Gehäuse als im Vorjahr gefunden wurden!

Da bei der zweiten Aufsammlung auch der Anteil des feinkörnigen Sediments von 40 auf weniger als 10% zurückgegangen war (Sedimentdiagramme Abb. 14 u. 15!) kann man annehmen, daß infolge der erhöhten Turbulenz während der Wintermonate sowohl das im Sommer abgesetzte Feinsediment als auch Foraminiferen-Gehäuse ausgewaschen und verfrachtet werden. Arten, die nicht in jedem Jahr die Untiefen besiedeln können, verschwinden daher langsam aus der Totfauna. An den Flanken der Auftragungen können ihre Anteile dagegen erhalten bleiben oder sogar durch Zufuhr vermehrt werden; man beachte die Prozentanteile von *Miliammina fusca* und *Ammoscalaria runiana* an der Totfauna von St. 152—154 (Abb. 13) und St. 248 (Abb. 15). Auch bis in das Schlickgebiet nördlich des Gabelsflach werden einzelne Gehäuse dieser Arten verfrachtet; sie erreichen in den tieferen Gebieten der Beltsee jedoch nur Prozentsätze von 3—4. Wie unterschiedlich die Foraminiferen-Besiedlung der Untiefen in den einzelnen Jahren sein kann, geht auch aus den Befunden ROTTGARDT's (1952) hervor: er fand im Mai 1949 am Gabelsflach *A. runiana* als beherrschende Art (S. 206, Abb. 16). Ähnlich wechselhaft ist die Verbreitung der weitverbreiteten *Ammonia beccarii*: während sie 1962 und 1963 sowie im Mai 1964 auf die Einstromgebiete südlich des Großen Beltes beschränkt zu sein schien, konnte sie im Herbst 1964 auch auf dem Gabelsflach beobachtet werden.

Die Verbreitungsgrenze der hier beschriebenen Fauna liegt sowohl am Stoller Grund als auch am Gabelsflach in einer Wassertiefe von 12 bis 14 m. Einige Beobachtungen weisen darauf hin, daß sich diese Grenze verlagern kann, wenn im Herbst und Winter die gesamte Wassermasse homogenisiert wird. So zeigt Abb. 9, daß im Frühjahr 1964 die flache Unterart *Cr. excavatum excavatum* nur noch in der Totfauna vorhanden war und daß die dickere Kaltwasserform *Cr. excavatum clavatum* während der Wintermonate auch die Flachwassergebiete — zumindest fleckenhaft — besiedeln kann. Die Aufsammlung vom Herbst 1964 zeigte, daß sich im Sommer wieder die flache Population durchsetzen konnte.

Die Besiedlungsdichte schwankt zwischen 10 und 30/10 cm<sup>3</sup>. Es muß aber betont werden, daß verlässliche Werte für diese Gebiete erst aus detaillierten Besiedlungsstudien durch Freitaucher gewonnen werden können. So besteht zum Beispiel der Verdacht, daß bei Ausbildung von Rippelmarken eine Differenzierung der Foraminiferen-Verteilung eintritt. Ferner geht aus den Arbeiten von RICHTER (1964) und KRIPNER (Mskr. Diplomarbeit, Kiel 1964) hervor, daß im Watt noch in 6 cm Tiefe unter der Oberfläche von Sanden lebende Foraminiferen angetroffen werden. Es ist noch nicht geklärt, ob diese Formen in jedem Falle aktiv diese Tiefen aufsuchen und wieweit es sich um Verschüttung in Gebieten stärkerer Sedimentumlagerung handelt. Auf jeden Fall werden auch die Besiedlungswerte der sandbedeckten Untiefen der Kieler Bucht durch diese Vertikalverbreitung verfälscht, wenn sich die Untersuchung (wie in dieser Arbeit) auf die oberen 1—2 cm des Sediments beschränkt.

Während also auf den Untiefen relativ wenig Foraminiferen siedeln, konnte mehrfach ein Ansteigen der Ostracoden-Besiedlungsdichte beobachtet werden

(Stoller Grund, ferner auch Adlergrund b. Bornholm). Ostracoden wurden in dieser Arbeit weiter nicht behandelt.

Das Verhältnis Lebendfauna zu Totfauna („L/D-ratio“, hier in % ausgedrückt) verlagert sich auf den Untiefen infolge der periodisch erfolgenden Auswaschung natürlich zu Gunsten der Lebendfauna. Es ist auffällig, wie sehr sich Relief und Sediment der Aufragungen in den Ausschlägen der Lebend/Tot-Kurve widerspiegeln.

#### Kieler Bucht, Tiefenwasser:

Nähert man sich, von den Untiefen ausgehend, den tieferen Gebieten der Kieler Bucht, so erreicht man in Wassertiefen zwischen 12 und 14 m noch vor dem in den Sedimentdiagrammen (Abb. 13—15) sehr scharf zum Ausdruck kommenden Sediment-Umschlag das Siedlungsgebiet einer anderen Foraminiferen-Gemeinschaft. Diese an den Flanken der Untiefen liegenden Gebiete sind in der südlichen Kieler Bucht, durch auffällige Maxima von *Ammotium cassis* gekennzeichnet, einer Art, die wie im taxonomischen Teil gezeigt wurde, erst seit den vierziger Jahren die Kieler Bucht in stärkerem Maße besiedeln konnte. Die Foraminiferen-Verteilung bekommt dadurch eine Art von Symmetrie: die Maxima von *A. cassis* legen sich kranzförmig um die Untiefen herum.

Neben *A. cassis* geht noch *Cr. incertum* relativ weit auf die Untiefen herauf; die übrigen Arten des tieferen Wassers treffen wir dagegen erst jenseits der *A. cassis*-Maxima in größerer Häufigkeit an: es sind vor allem *Cr. excavatum clavatum*, *Reophax dentaliniformis regularis*, *Eggerella scabra* und *Reophax aduncus*. Von den Arten der im vorigen Abschnitt behandelten Flachwasser-Fauna findet man in den tiefer liegenden Gebieten nur noch *Cr. asklundi* in Häufigkeiten zwischen 1 und 3%; vereinzelt werden auch leere Gehäuse von *Miliammina fusca* angetroffen. Auf Abb. 10 im taxonomischen Teil wurden Variationskurven der Gehäusedicke von *Cr. excavatum* nach der Wassertiefe angeordnet. Die flache Form scheint auch nach anderen Gehäusemerkmalen den Formen der Nordseewatten (HAAKE 1962) zu entsprechen, während die dicke Form den aus der Arktis als *Cr. clavatum* beschriebenen Gehäusetypen entspricht und dementsprechend in dieser Arbeit als Unterart *clavatum* aufgefaßt wird. Wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, ist die flache Form nach dem vorliegenden Material auf die Untiefen beschränkt und wird im Winter teilweise durch die dickere Unterart verdrängt. Wie zu erwarten, sind diese zunächst einfach erscheinenden Verhältnisse in Wirklichkeit komplizierter: HAAKE (Mskr. 1965) konnte zeigen, daß sich zum Beispiel im Jahre 1962 beim Feuerschiff Flensburg auch in 20 m Wassertiefe die dicke Unterart (*clavatum*) nur im Juli durchsetzen konnte. Während der übrigen Monate siedelte dort die dünne Unterart. Bei den vielfältigen und komplizierten hydrologischen Verhältnissen der Beltsee sind solche abweichenden Befunde allerdings als Norm anzusehen, eine lückenlose Korrelierung der Umweltfaktoren mit dem faunistischen Befund ist also als Ausnahme anzusehen und setzt intensivere Überwachung sowohl der Faunen-Änderungen als auch der schnell wechselnden hydrologischen Bedingungen voraus.

Auffällig ist die Verbreitung von *Eggerella scabra* und *Reophax aduncus* in der Kieler Bucht. Beide Arten fehlen sowohl in der Kieler Förde als auch in dem Tiefwassergebiet (über 20 m), das nach Norden vom Stoller Grund und Mittelgrund abgeschlossen wird. Nördlich vom Gabelsflach werden beide Arten vereinzelt lebend angetroffen (Abb. 14, St. 133; Abb. 15, St. 257), in der Totfauna befindet sich dagegen nur die alles dominierende *Eggerella scabra*. Das in Abb. 16 dargestellte Profil durch den Fehmarnbelt zeigt beide Arten in großen Häufigkeiten: ab 20 m Wassertiefe beherrscht *E. scabra* die Totfauna, ab 25 m *R. aduncus* die Lebendfauna.

Die Besiedlungsdichten in dem gesamten, hier behandelten Gebiet sind außerordentlich unterschiedlich. Die Besiedlung ist fleckenhaft, was auch ROTTGARDT (1952) bereits ohne Unterscheidung von lebenden und toten Formen erkannte. Die höchsten Besiedlungs-Spitzen werden im Bereich der *A. cassis*-Maxima in etwa 17 bis 20 m Tiefe angetroffen und liegen zwischen 250 und 650 Foraminiferen auf 10 cm<sup>3</sup> (Abb. 14, St. 129; Abb. 15, St. 253; Abb. 16, St. 146 u. 145). Wesentlich niedriger war dagegen die Besiedlung des Schlickgebietes zwischen Gabelsflach und Vejsnäs-Rinne; sie lag mit 10/10 cm<sup>3</sup> im Bereich der niedrigsten Werte in der Kieler Förde. Neben solchen niedrigen Werten traten 1964 in der Förde mehrfach Werte um 50/10 cm<sup>3</sup> auf. Die von verschiedenen Autoren beschriebene Verlagerung des Redox-Spiegels aus dem Sediment ins freie Wasser, wie er für die abwässerbelastete Förde typisch sein soll, wird demnach zumindest bei Wassererneuerung solange aufgehoben, daß sich Foraminiferen-Faunen ansiedeln können. Dazu genügt nach unseren Feststellungen allerdings bereits eine millimeterdünne Oxydationsschicht, die kaum wahrnehmbar ist.

Während sämtliche im vorigen Abschnitt als „Fauna der Untiefen“ herausgestellten Arten auch im Wattenmeer der Nordsee vorkommen, treten die hier als Tiefwasserfauna der Kieler Bucht behandelten Arten bis auf *Ammonia beccarii* nicht in diesem Gebiet auf.

#### Deutung:

Es wurde bereits mehrfach betont, daß eine vollständige Analyse der verbreitungsregulierenden Faktoren nur mit Freilandbeobachtungen, d. h. ohne ergänzendes Laborexperiment, nur in wenigen Fällen möglich erscheint. Wenn im folgenden trotzdem Schlußfolgerungen gezogen werden, geschieht das im Bewußtsein der notwendigen Vorbehalte und im Interesse einer brauchbaren Arbeitshypothese. — An sich sollten Folgerungen erst nach der Darstellung der gesamten Beobachtungsergebnisse gezogen werden. Es wird hier ein anderer Weg eingeschlagen, weil wichtige Schlüsse schon aus der Besiedlung der Beltsee-Böden gezogen werden können und auf diese Weise die sonst unvermeidlichen Wiederholungen vermieden werden können.

Die Verbreitung der benthonischen Foraminiferen wird nach Ansicht maßgeblicher Autoren (LOEBLICH & TAPPAN 1964, BOLTOVSKOY 1963) vor allem durch folgende Faktoren beeinflußt: Temperatur, Salzgehalt, Wasserbewegung, Sauerstoffgehalt, Sediment und Nahrung. Man kann diesen oft ausführlich erläuterten Befund kaum als sensationell bezeichnen, da wohl alle benthonischen Meerestiere mehr oder weniger von ihnen abhängen. Den Geologen, der die Sedimentgesteine vor sich hat, interessiert natürlich die Frage, wie weit die Foraminiferen-Fauna direkt vom Sediment abhängig ist, weil sie — wenn das der Fall wäre — kaum Auskünfte geben könnte, die über den Sedimentbefund hinausgehen. Nach ROTTGARDT (1952) ist die Foraminiferen-Fauna der Kieler Bucht nicht vom Sediment, sondern vom Salzgehalt und der Wasserbewegung abhängig. Auch RICHTER (1964) hält für das Wattenmeer die Wasserbewegung für den ausschlaggebenden Faktor, während nach HAAKE (1962) die Besiedlung der Wattenflächen von der Fazies abhängt.

Auch die charakteristische Besiedlung der Untiefen der Kieler Bucht könnte auf den ersten Blick und bei Vorliegen eines kleineren Probenmaterials eine Abhängigkeit vom Sediment vortäuschen. Wie bereits erwähnt, sind die Untiefen mit Kiesen und Mittelsanden bedeckt, die aus den dort anstehenden Geschiebemergeln ausgewaschen worden sind. Zu den Flanken hin verfeinert sich das Korn und in etwa 20 m Wassertiefe erfolgt ein ziemlich abrupter Wechsel zu feinkörnigen Sedimenten (SEIBOLD 1964), die hier mit dem Sammelbegriff „Schlick“ bezeichnet werden.

Wenn also in einem Flachmeer mit so schnell und gründlich wechselnden hydrographischen Bedingungen wie der Beltsee eine Faunengemeinschaft des Sandes und eine solche des Schlicks erkannt wird — liegt dann nicht eine klare Sedimentabhängigkeit vor?

Zweckmäßigerweise wird die Frage an den Beispielen einzelner Arten untersucht. Die beherrschende Form der Untiefen ist die flache *Cr. excavatum*-Unterart. Sie kommt nach dem bisherigen Befund in der Kieler Bucht nur auf Sand vor. In einigen Proben aus der Schleimündung wurde sie jedoch in Feinsanden mit hohem Schlickanteil gefunden und auf den Nordseewatten besiedelt sie alle Sedimente, wenn auch ihr Anteil in sandigeren Sedimenten ansteigt (HAAKE 1962, RICHTER 1964, KRIPNER 1964 Mskr.). Eine klare Sedimentabhängigkeit ist also keineswegs gegeben, zumal RICHTER (1964) die Bevorzugung von Sandböden auf die dort mächtigere Oxydationsschicht zurückführt, die den grabenden Tieren entgegenkommen soll.

Deutlicher sind die Verhältnisse bei anderen Arten. So siedelt *Cr. asklundi* sowohl auf den Untiefen als auch auf schlickigem Feinsand (z. B. im Fehmarnbelt) und feinstkörnigem Schlick (Nord-Ostsee-Kanal). — Die „Leitform“ der Untiefen, *Cr. cf. gerthi*, ist im Watt bei Sylt (KRIPNER 1964, Mskr.) auch auf Sediment mit hohem Schlickgehalt gefunden worden. Außerdem wäre bei einer Sedimentabhängigkeit dieser Art schwer verständlich, warum sie auf Sanden in tieferem Wasser (z. B. in den Rinnen) fehlt. — Sehr eindeutig verhält sich *Ammotium cassis*: aus Abb. 13 kann entnommen werden, daß die Maxima einmal auf feinsandig-schlickigem (St. 154) und ein anderes Mal auf sandigem Boden liegen (St. 150, 149). Bezeichnenderweise trifft das nicht nur für die prozentuale Darstellung sondern auch für die absoluten Häufigkeitskurven zu (s. unteres Diagramm). Abb. 19 zeigt auf einen Blick, daß *A. cassis* zudem fast durchgehend auf dem feinkörnigen Schlick des Arkonabeckens verbreitet war (Korngrößen s. Abb. 18!) und an einigen Stellen noch 1963 dort lebte. — Auch plötzliche Vergrößerung des Sediments meistert die weit auf die Untiefen hinaufgehende Art: auf Taf. 10 sind Gehäuse abgebildet, die einen plötzlichen Umschlag in der Größe der agglutinierten Körner von fein zu grob zeigen. Man kann also folgern, daß *A. cassis* weder von der Wasserbewegung noch vom Sediment abhängig ist, sofern diese im Rahmen der in der Ostsee verwirklichten Typen bleiben.

Auch *Eggerella scabra* lebt auf allen Sedimenttypen, wenn auch ihr Hauptverbreitungsgebiet durch seine Wassertiefe vor allem schlickige Sedimentation aufweist. Man beachte hierzu das Vorkommen der Art auf ziemlich reinem Sand am Vejsnäs-Flach (St. 260) und das Vorkommen leerer Gehäuse auf St. 247 (beide Abb. 15)! Außerdem könnte man, wenn die Verbreitung der Art nur vom Sediment abhinge, kaum ihr Fehlen in der gesamten Förde erklären, worauf bereits ROTTGARDT (1952, S. 199) hinweist.

Ähnliche Beispiele ließen sich für alle übrigen Arten anführen. Die Foraminiferen-Fauna der Ostsee ist also nicht sedimentabhängig. Laborexperimente, die für viele Kalkschaler-Arten den Nachweis erbrachten, daß sie generationenlang ohne jedes Sediment in Glasschalen gezüchtet werden können, bestätigen diesen Befund und machen wahrscheinlich, daß er nicht nur regionale Gültigkeit hat.

Nach ROTTGARDT (1952) spielen die Strömungsverhältnisse eine entscheidende Rolle für die Foraminiferen-Fauna. In diesem Sinne ist zu überprüfen, in wieweit die „Untiefen-Fauna“ dadurch zustande kommt, daß nur besonders an starke Sedimentbewegung adaptierte Arten die Untiefen besiedeln können. Dabei könnte man besonders an *Cr. excavatum excavatum* denken, für die ja RICHTER (1964) zeigen konnte, daß sie bevorzugt in tieferen Sedimentlagen lebt (bis 6 cm tief). Die variationsstatistischen Untersuchungen an dieser Art im Gabelsflachgebiet



zeigen aber, daß gerade in der Zeit der Winter- und Herbststürme, in der turbulentesten Zeit also, die Tiefwasser-Unterart *Cr. exc. clavatum* auch die Untiefen vorübergehend besiedeln kann (Abb. 9). Diese lebt jedoch sonst vielfach auf Oxydationsschichten, die weniger als 1 mm mächtig sind und konnte nördlich vom Gabelsflach sogar vereinzelt auf Rotalgen beobachtet werden. Wenn sie sich trotzdem im Frühjahr und Winter im flachen Wasser der Untiefen halten konnte, dann würde sie es auch im Sommer können, wenn wirklich nur die Wasserbewegung der ausschlaggebende Faktor wäre. Die Strömung beeinflußt die lebende Foraminiferen-Fauna also nur, wenn bestimmte — meines Erachtens nur schwer feststellbare — Mindestgeschwindigkeiten überschritten werden. In den dazwischen liegenden Zeiten siedelt sich immer wieder eine in ihrer Zusammensetzung von anderen Faktoren abhängige Fauna an. Sind diese Zwischenzeiten zu kurz, so können die neuen Populationen nicht heranwachsen: man trifft auf ausgesprochene Juvenilpopulationen (wie zum Beispiel häufig auf der Darsser Schwelle). Die im vorhergehenden Abschnitt beschriebene, offenbar periodische Reduzierung der Totfauna (*Ammoscalaria runiana*, *Miliammina fusca*) auf den Untiefen zeigt dagegen, daß diese weitgehend strömungsabhängig sein kann. Der Grad der maximalen Wasserbewegung entscheidet also vor allem darüber, ob Foraminiferen in einem bestimmten Sediment fossil werden können.

Das mehrfach erwähnte Beispiel von *Cr. exc. clavatum*, die im Winter auch die Untiefen erobern kann, gibt außerdem einen Hinweis auf die wirklich verbreitungsregulierenden Faktoren in diesem Gebiet. Denn gleichzeitig mit dieser Arealerweiterung wird bekanntlich die thermohaline Schichtung aufgehoben. Demnach ist offenbar gerade die Entstehung der Wasserschichtung das entscheidende Moment für die Ausbildung einer besonderen Faunengemeinschaft auf den Untiefen. Diese ragen ja tatsächlich in die Oberflächenwasserschicht hinein, wie die Echogramme von sommerlichen Ausfahrten immer wieder deutlich zeigen (vergl. auch die Profile bei KRUG 1963). In der Oberflächenwasserschicht werden im Sommer höhere Temperaturen erreicht als im Tiefenwasser, dafür sind die Salzgehalte im Schnitt wesentlich niedriger und liegen meistens unter 20‰ (s. Abb. 27). Wenn man nun berücksichtigt, daß sämtliche Arten der „Untiefen-Fauna“ auch im Nordseewatt gefunden wurden (bei viel höheren Salzgehalten), während die Fauna der tieferen Gebiete nur eine Art des Nordseewatts, dafür aber mehrere arktisch-boreale Formen umfaßt, dann liegt der Schluß nahe, daß die Temperatur weitgehend die Verbreitung beeinflußt.

Die an schnell wechselnde Bedingungen und auch an höhere Temperaturen angepaßten euryhalinen Nordseearten können demnach infolge Erweiterung des Salinitäts-Toleranzbereichs bei sommerlichen Bedingungen die niedrigen Salzgehalte weitgehend ausgleichen. Die an niedrige Temperaturen angepaßten euryhalinen Arten der Arktis sind dazu offenbar nicht in der Lage. Es wird hier wieder deutlich, daß man Temperatur und Salzgehalt als ökologische Faktoren keinesfalls isoliert betrachten kann, sie bilden vielmehr ein System. Wie dieses System in der Beltsee funktioniert, wird vielleicht am besten am Beispiel von *Ammonia beccarii* deutlich. Wie erwähnt, war diese Art während der Untersuchungsjahre auf das Tiefenwasser beschränkt, wurde aber im Herbst 1964 ebenso wie 1949 von ROTTGARDT auch auf den Untiefen gefunden. Über *A. beccarii* liegen detaillierte Ergebnisse von Labor-experimenten durch BRADSHAW (1957) vor. Dieser variierte Temperatur und Salzgehalt seiner Kulturen in verschiedenen Versuchsreihen. Zeichnet man nach seinen Ergebnissen ein Salzgehalts/Temperatur-Diagramm, in dem jeweils durch besondere Signatur ausgedrückt wird, wann und ob die Versuchstiere zur Reproduktion kamen, abstarben usw., dann spiegeln sich Lebensoptimum und Toleranzbereich

der Art als Flächen wider. Trägt man nun Salzgehalts- und Temperaturwerte ein, wie sie in der Beltsee im Oberflächenwasser und Tiefenwasser bei unterschiedlichen Wetterlagen und Einstrombedingungen verwirklicht wurden, dann nähert man sich dem Toleranzbereich von *A. beccarii* an zwei verschiedenen „Fronten“: im Einstrombereich südlich des Großen Belts mit hohen Salzgehalten, aber niedrigen Temperaturen (max. 12°), sowie auf Untiefen oder anderen in den Bereich des Oberflächenwassers fallenden Böden, wenn im Sommer Spitzentemperaturen erreicht werden. Salzgehalt-Temperatur-Diagramme, wie sie OHL (1959) für die Kieler Förde veröffentlichte, zeigen deutlich, daß nur selten die Salzgehalts-Maxima (Einstrom) in die Temperaturspitzen fallen. Dementsprechend kann *A. beccarii* auch nur selten die Untiefen besiedeln.

Es wird hier deutlich, daß auch die Verbreitung der übrigen Arten zwangloser gedeutet werden könnte, wenn experimentelle Unterlagen über ihre Toleranzbereiche vorlägen. Immerhin kann man zusammenfassend sagen, daß die Zusammensetzung der beiden Faunen (Arten der Nordseewatten bzw. Arktis) und die Arealerweiterungen der Kaltwasserfauna bei Aufhebung der Schichtung deutlich dafür sprechen, daß die thermohaline Wasserschichtung Ursache der unterschiedlichen Verbreitung der Ostsee-Foraminiferen ist.

Die Sprungschicht, d. h. die Grenze zwischen den beiden sommerlichen Wasserkörpern, hat natürlich keine feste Lage. Ich möchte das weite Hinaufreichen von *Cr. incertum* und *A. cassis* auf die Untiefen (bis zur 12-m-Linie) als Ausdruck von Höchstlagen der Sprungschicht deuten. Möglicherweise genügt kurzfristiges Ansteigen des salzhaltigen Tiefenwassers, um Resten der winterlichen Arealerweiterung jeweils wieder für längere Zeit das Überdauern zu ermöglichen. Trotz dieser komplizierenden Faktoren ergibt sich ein relativ einfaches Bild der Tiefen-Verbreitung der einzelnen Arten, wie Abb. 17 zeigt. Auf dieser Abbildung sind Maximal-Besiedlungen für die verschiedenen Wassertiefen dargestellt. Bei ca. 14 m liegt ein Schnitt, der im obigen Sinne als Höchstlage der Sprungschicht gedeutet wird. Man kann die bisher als „Fauna der Untiefen“ bezeichnete Gemeinschaft also besser als Oberflächenwasser-Fauna auffassen.

*Eggerella scabra* scheint von den Arten der Tiefenwasser-Fauna am meisten an salzhaltigeres Wasser gebunden zu sein. Ihr Fehlen in der Kieler Förde kann mit niedrigeren Salzgehalten zusammenhängen, da über die maximal 16 m tiefe Gabelsflach-Schwelle nur relativ salzarmes Zwischenwasser in die Förde eindringen kann (von besonders starken Einstromlagen abgesehen). Da die Erneuerung des Fördewassers gewöhnlich in größeren Abständen erfolgt (KÄNDLER 1959), kommt es in der Förde häufig zu Sauerstoffmangel. Das an die östlichen Becken erinnernde Vorherrschen von *Cr. exc. clavatum* und das Zurücktreten der sauerstoffliebenden *Reopnax*-Arten weist darauf hin, daß die Fördefauna zusätzlich vom Sauerstoffmangel beeinflusst wird. Besonders der geringe Anteil der Sandschaler an der Totfauna zeigt den Unterschied gegenüber den offeneren Gebieten der Beltsee. Daß er in der Lebendfauna größer ist, deutet auf bessere Bedingungen zur Zeit der Probenentnahme (Juli 1964), was ja auch in den hohen Besiedlungsdichten zum Ausdruck kommt.

Noch nicht klar zu deuten sind die erwähnten hohen Besiedlungsdichten im Bereich der *A. cassis*-Maxima in Tiefen zwischen 17 und 20 m. Möglicherweise hängt ihr Fehlen am Südhang des Gabelsflach mit den oben erwähnten Sonderbedingungen der Förde zusammen. Da die Maxima 1963 und 1964 in demselben Bereich auftraten (Abb. 15), dürfte es sich nicht um einen Zufallsbefund handeln. Ich möchte eher annehmen, daß das hier häufige Hin- und Herpendeln der Sprungschichten besonders günstige Lebensbedingungen bietet (Nahrungsangebot?).

In der Literatur wird vielfach die „dünnere Besiedlung“ der Sandgebiete im Gegensatz zu den Schlickgebieten diskutiert (ROTTGARDT 1952, S. 191; RHUMBLER 1936, S. 189, Fußnote). Als Ursache wird geringeres Nahrungsangebot, teilweise auch die größere Turbulenz in den Sandgebieten als Ursache angesehen. Für die Ostsee muß hier noch einmal betont werden, daß die Besiedlungsdichten auf den Sand-Untiefen eher größer als die der Schlickgebiete sind. Die dichteste Besiedlung kann im allgemeinen auf schlickig-sandigem Sediment der Übergangsbereiche festgestellt werden. Eine dünne Besiedlung der Sandgebiete wird lediglich vorge-täuscht, wenn lebende Foraminiferen und leere Gehäuse nicht unterschieden werden.

#### Fehmarnbelt:

Im folgenden soll der östliche, nicht zur Kieler Bucht gehörende Teil des Fehmarnbelt-Profiles (Abb. 16) behandelt werden. Vergleicht man Lebendfauna mit Totfauna, dann fällt die auch bei den bereits besprochenen Profilen erwähnte Tatsache auf, daß *Eggerella scabra* in der Totfauna dominiert, jedoch lebend nur bis zu 15% gefunden wird. Auch RHUMBLER (1936, S. 239) fand, daß die Art gewissermaßen „auf den Gräbern ihrer Ahnen“ lebt. Lediglich in einer Probe erkannte er in 70% der *Eggerella*-Gehäuse Protoplasmareste (Methylgrün/Eosin-Färbemethode).

Es ist zu vermuten, daß die Masse der leeren *E. scabra*-Gehäuse auf andersartige Umweltverhältnisse in zurückliegenden Zeiten bezogen werden muß. Eine selektive Anreicherung bei diagenetischen Vorgängen ist weniger wahrscheinlich, da J. RESIG (Ms. 1965) zeigen konnte, daß diese Art Auflösungstendenzen gegenüber ebenso anfällig ist wie andere Sandschalerarten. Man kann annehmen, daß Bodenwühler immer wieder subfossile *E. scabra*-Gehäuse in das Oberflächensediment bringen und dadurch die Totfauna verfälschen (vgl. Kapitel C 9).

Da sich *Ammonium cassis* seit etwa 30 Jahren stärker auszubreiten scheint (s. taxonomischer Teil) fällt auf, daß es in der Lebendfauna des Fehmarnbelts von *Reophax aduncus* überflügelt wird, während sich in der Totfauna beide Arten etwa die Waage halten. Auch im Arkonabecken wurden viele tote aber nur wenige lebende *A. cassis* gefunden. Es wäre denkbar, daß diese Verhältnisse auf eine (vorübergehend?) leicht rückläufige Tendenz der Art zurückzuführen sind und daß *R. aduncus* z. Z. stärker im Vordringen begriffen ist. Solche Schlüsse sind aber mit vielen Vorbehalten zu verstehen; vor allem muß nachgeprüft werden, ob das Überwiegen von *R. aduncus* nicht jahreszeitlich bedingt ist. Vielleicht sind solche Informationen aus den jahreszeitlichen Untersuchungen F. W. HAAKE's zu erwarten.

Auf den Stationen 137 und 138 wurden im April 1964 Proben entnommen, während die benachbarten Proben aus dem August 1963 stammen. Trotzdem passen sich beide Stationen gut in das allgemeine Bild der Fauna ein. Offenbar ist der Meeresboden in diesem Gebiet zwischen Fehmarn und Gedser z. Z. relativ gleichmäßig besiedelt. Größere Veränderungen fanden in dem genannten Zeitraum nicht statt.

Auch die Häufigkeits-Maxima von *Cribronion excavatum* können für relativ gleichbleibende Verhältnisse sprechen. Sie stimmen in Lebend- und Totfauna fast vollständig überein; erst jenseits von Gedser, auf der Darsser Schwelle, ändert sich dieser Umstand. Da ein solches Bild in prozentualen Darstellungen vorgetäuscht sein kann (z. B. durch ein Zurückgehen anderer Arten), wurde auch die absolute Häufigkeit (Expl. pro 10 cm<sup>3</sup>) dargestellt (s. Abb. 16!) Auch in dieser Darstellung haben die Maxima der lebenden Exemplare und der leeren Gehäuse etwa dieselbe Lage. Deutliche Hinweise auf eine Verfrachtung leerer Foraminiferen-Gehäuse fehlen also, obwohl im Fehmarnbelt bekanntlich erhebliche Strömungsgeschwindigkeiten (bis zu 1 m/sec) auftreten können. Es ist jedoch denkbar, daß diese Spitzen-

geschwindigkeiten vor allem auf Rinnen beschränkt sind, die bei der Probenentnahme nicht erfaßt wurden. Proben aus tieferen Rinnen im Einstromgebiet des Großen Belts (St. 139a—d) und unterhalb des Vejsnäs Flach (St. 134, 259) ergaben sehr unterschiedliche Besiedlungsdichten. Blankgefegte Flächen anstehenden Pleistozäns lieferten keine Bodenfauna im bisher gebrauchten Sinne; dafür wurden seltene, bisher nicht aus der Ostsee erwähnte Arten auf Geröllen aufgewachsen gefunden (*Spirillina* sp.) und die den Geröllen anhaftenden Rotalgen zeigten ebenfalls eine reiche Phytalfauna (vor allem *Ophthalmina kilianensis*, *Tholosina vesicularis* und *Crithionina heinckei*, aber auch seltene Arten wie *Cibicides lobatulus*). Die aus Rinnensedimenten gewonnene Bodenfauna zeigte dagegen in der prozentualen Zusammensetzung dasselbe Bild wie die benachbarten, außerhalb der Rinne gelegenen Stationen.

Die Artenzahl (vgl. Abb. 30!) erreicht südlich des Großen Belts, also im Bereich des einströmenden Kattegatwassers, ihre höchsten Werte. Sie liegen mit 11 bis 12 weit über den übrigen Gebieten der Beltsee mit durchschnittlich 7,5 oder gar dem Arkonabecken mit durchschnittlich 3 bis 4. Einige Arten wurden nur im Gebiet von Fehmarn gefunden, z. B. *Spiroplectammina biformis*.

Aufgearbeitete Oberkreide-Foraminiferen wurden in sehr vielen Proben gefunden. Sie wurden besonders häufig in der Nähe anstehenden Pleistozäns, das ja bekanntlich häufig Reste von Oberkreide-Sedimenten enthält. Die Prozentzahlen sind nicht charakteristisch, da sie zu sehr von den wechselnden Häufigkeiten der rezenten Arten beeinflusst werden. Höhere Anteile werden auf der Darsser Schwelle (St. 46) erreicht. Wesentlich scheint mir die Größe der Oberkreide-Fossilien zu sein. Obwohl in den Herkunftsschichten auch großwüchsige Arten sehr häufig sind, werden in den meisten Ostsee-Sedimenten doch nur kleinwüchsige Formen gefunden (*Heterohelix*, *Globigerina*). Hier wird wahrscheinlich die Grenze der Verfrachtbarkeit unter den durchschnittlich gegebenen Strömungsverhältnissen sichtbar.

Bei Gedser reicht der Meeresboden auf unserer Profillinie in den Bereich des ausströmenden Ostseewassers hinein. Trotzdem ist diese Untiefe noch ähnlich besiedelt wie die der Kieler Bucht: *Cr. cf. gerthi* erreicht erhebliche Prozentsätze. Dazu tritt ein neues Faunenelement, das bisher nur hier beobachtet wurde: *Asterellina pulchella*. Diese mit Durchschnittswerten um 0,1 mm sehr kleinwüchsige Form war bisher nur aus der Arktis bekannt (möglicherweise gehören auch die durch VAN VOORTHUYSEN 1960 aus dem Nordseewatt als *Rosalina mamilla* beschriebenen Formen dazu).

ROTTGARDT (1952, S. 201) erwähnt bereits, daß die Arten der Phytalfauna (hier: auf Algen aufgewachsene bzw. angeheftete Foraminiferen) im Sediment nur selten gefunden werden. Dieser Befund kann im großen und ganzen bestätigt werden. In einigen Proben erreichte *Ophthalmina kilianensis* Anteile bis 4%. Sandschaler waren seltener, da sie sehr leicht zerstörbar sind. Eine systematische Bearbeitung dieser Gemeinschaften steht noch aus (vgl. Taxonomischer Teil). Auffällig ist, daß Rotalgen meistens dicht mit Foraminiferen besiedelt sind, während *Fucus vesiculosus* häufig frei ist.

Man kann zusammenfassen, daß sich in dem hier erfaßten Gebiet nur das einströmende Tiefenwasser faunistisch durchsetzt. Hinweise auf Elemente der Oberflächenwasser-Fauna konnten in tieferen Bereichen noch nicht gefunden werden.

##### 5. Arkonabecken

Das über die Darsser Schwelle in unregelmäßigen Abständen einströmende Beltseewasser hat, entsprechend der Schwellenhöhe, meistens Salzgehalte zwischen 13 und 17‰, nur bei besonders starkem Einstrom können Werte bis zu 20‰ beob-

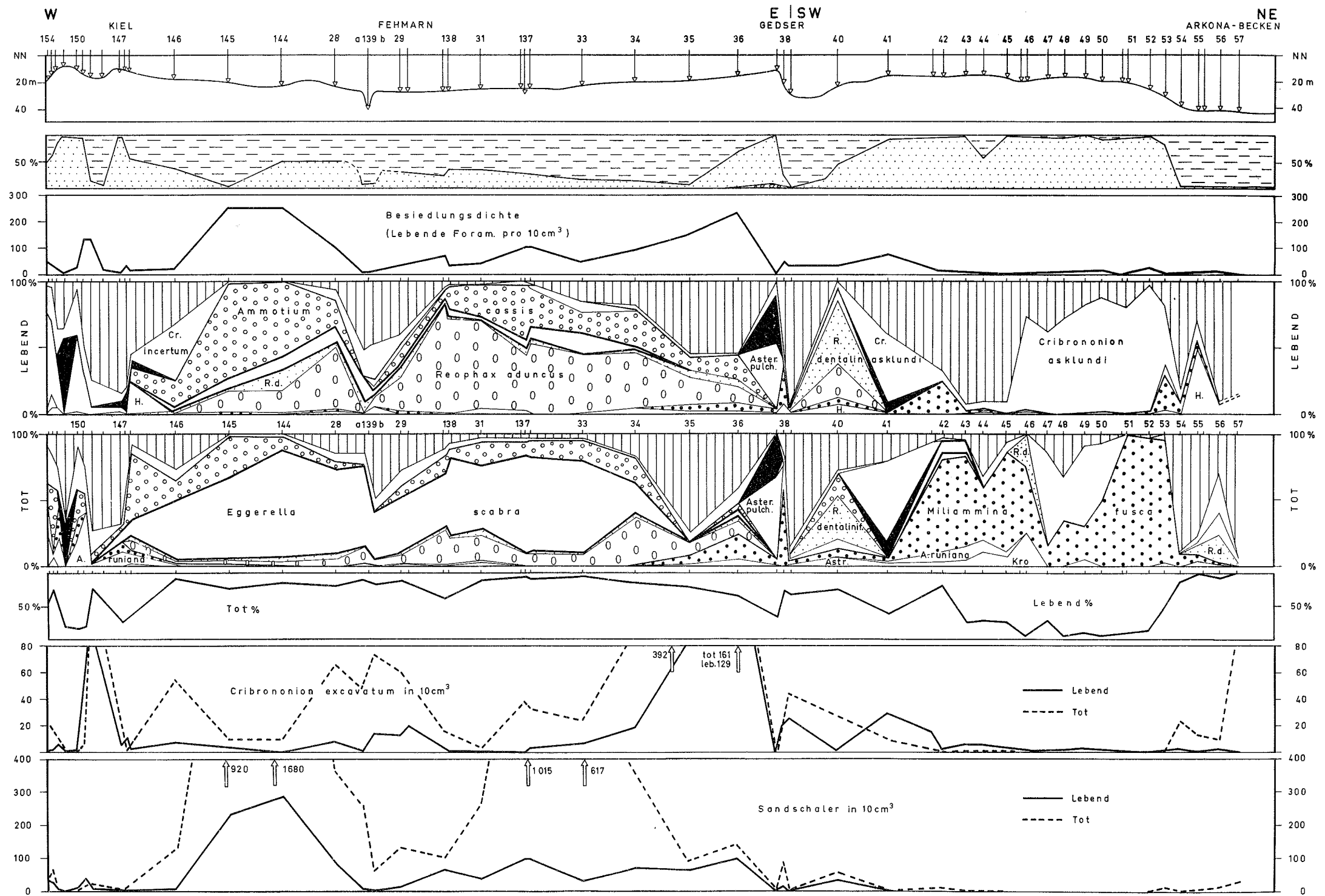


Abb. 16: Profil Kieler Bucht — Fehmarnbelt — Darsser Schwelle.

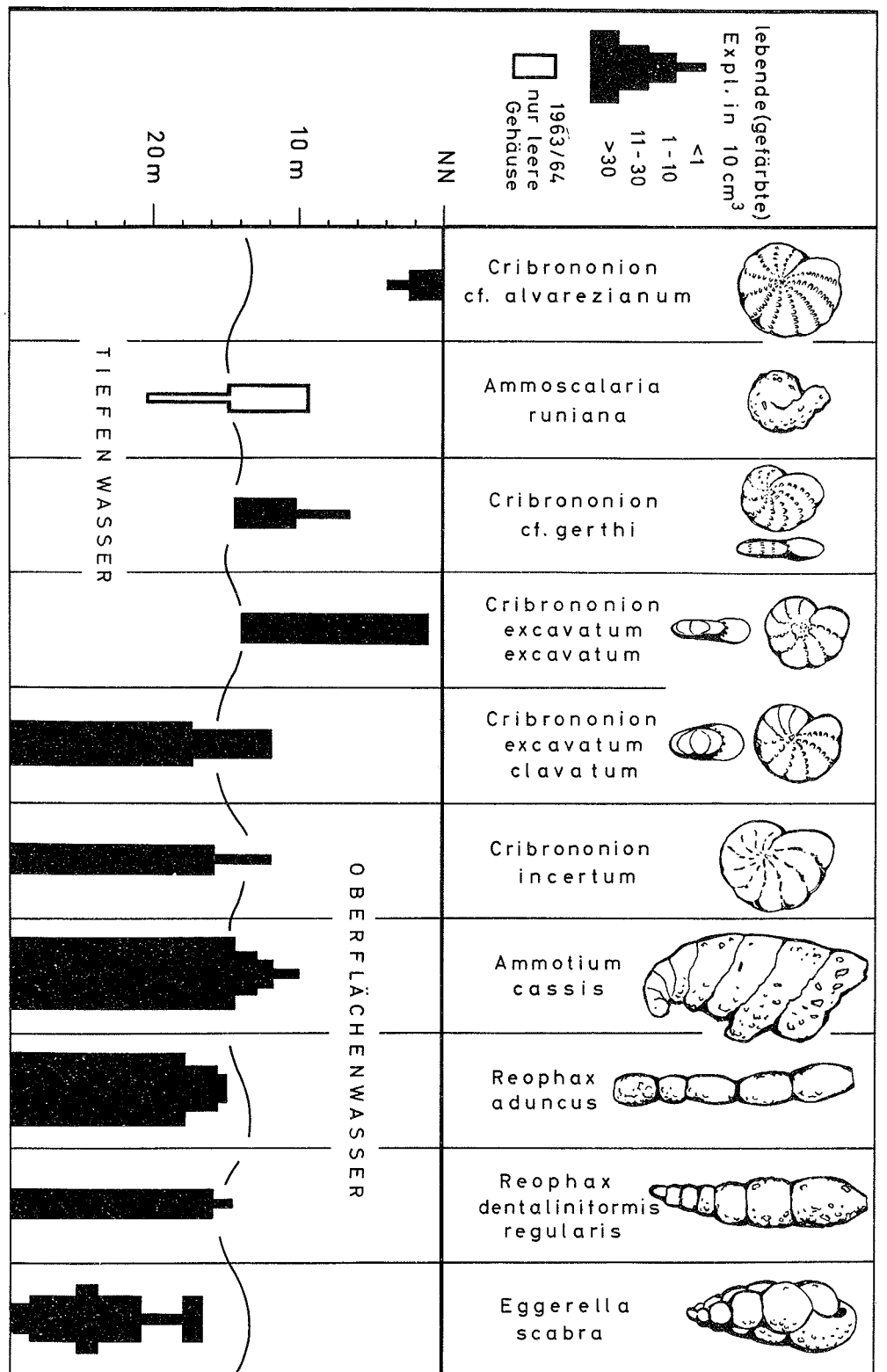


Abb. 17: Vertikalverbreitung der wichtigsten Beltsee-Foraminiferen. — Nach absoluten Häufigkeiten lebender Individuen.

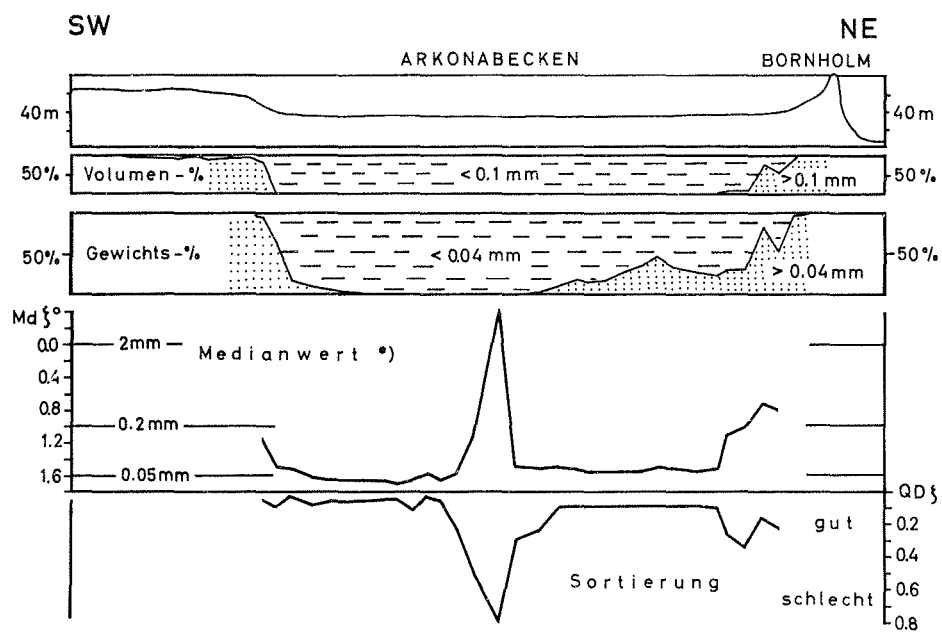


Abb. 18: Veränderung der Korngrößen des Sedimentes im Arkonabecken. — Oben das übliche Sedimentdiagramm, darunter das Ergebnis von Siebanalysen durch E. WALGER.  
\*) bezogen auf den Korngrößenanteil größer als 0,04 mm!

achtet werden. Die Temperatur liegt im allgemeinen zwischen 8 und 10°, doch werden bei einströmendem Wasser auch Werte von 12 bis 13°C beobachtet (z. B. im August 1963). Die durch FONSELIUS (1962, S. 10) dargestellten Temperaturveränderungen im Bornholmbecken zeigen aber, daß die Temperaturanstiege nur kurzfristig sind.

Da der Ausgang zum wesentlich tieferen Bornholmbecken nur etwa 5 m über der Sohle des Arkonabeckens liegt, kann das Tiefenwasser den Beckenboden nur in relativ dünner Schicht bedecken. Wenn Sediment (SEIBOLD 1964) und Foraminiferen-Fauna (voriges Kapitel) tatsächlich von der Wasserschichtung und damit der Lage der Sprungschichten abhängig sind, dann müßten im Arkonabecken Faunen- und Sedimentwechsel ebenfalls nur wenige Meter über der Beckensohle liegen.

Die auf Abb. 18 dargestellten Korngrößenkurven zeigen bereits, daß diese Erwartung von den Sedimenten erfüllt wird: erst mit dem Erreichen der Beckensohle geht im Westen der Anteil der Korngrößen größer als 0,04 mm deutlich zurück; im Osten zieht sich dieses gröbere Sediment sogar ziemlich weit in das Becken hinein.

Die in Abb. 18 dargestellten Befunde gehen auf Siebanalysen zurück, die Herr Dr. E. WALGER an Parallelproben durchführte. Ich möchte auch an dieser Stelle Herrn Dr. WALGER für die Überlassung dieser Ergebnisse herzlich danken. — Die in den Kurven des Medianwertes und der Sortierung auffallenden starken Maxima im Zentrum des Beckens sind in diesem Zusammenhang unerheblich. Sie beziehen sich nur auf die in diesem Bereich unter 1% liegenden Korngrößen über 0,04 mm Durchmesser. Das unvermittelte Auftreten grober (2–4 mm) Quarzkörner in zwei benachbarten Proben läßt sich vorerst nur aus dem Untergrund erklären; in Kernen wurde nachgewiesen, daß die rezenten Sedimente im Arkonabecken mit einer Aufarbeitungslage beginnen, die ebenfalls Korngrößen bis 4 mm enthält. Es ist denkbar, daß die Tiefenlage dieser Schicht unterschiedlich ist.

Auch die Foraminiferen-Fauna zeigt den zu erwartenden Umschlag erst wenige Meter über der Beckensohle zwischen den Stationen 53 und 54 (vgl. Abb. 19!). Die Abhängigkeit der Foraminiferen-Fauna von den Wassermassen zeigt sich demnach im Arkonabecken wesentlich deutlicher als in der hydrographisch komplizierten Beltsee, oder mit anderen Worten: die eigentliche Beckenfauna kann hier als Fauna des einströmenden Tiefenwassers bezeichnet werden.

Gegenüber der Tiefwasser-Fauna der Beltsee fallen sofort mehrere Unterschiede auf (Abb. 19). Zunächst ist die Artenzahl wesentlich geringer, wie auf Abb. 30 und 20 (unten) deutlich wird. Die Gesamtartenzahl (lebend und tot) liegt zwar im Becken noch um 8, die Anzahl der lebenden Arten lag 1963 jedoch um 4. Schon daraus geht hervor, daß die Totfauna auch zurückliegende Zeiten widerspiegelt, in denen die Verhältnisse für die Fauna günstiger waren und ähnlich viele Arten wie in der Beltsee leben konnten.

Die Zusammensetzung der Fauna ist ebenfalls abweichend; so fehlen mehrere Arten, die vor allem im Einstromgebiet südlich des Großen Belt gefunden wurden und offenbar weniger euryhalin sind: *Ammonia beccarii*, *Reophax aduncus*, *Spiroplectammina biformis*, *Quinqueloculina seminula* und andere seltenere Arten. Die Darsser Schwelle erweist sich also auch für die Foraminiferen als deutliche Faunenscheide. Besonders bezeichnend ist auch das Fehlen von *Eggerella scabra*, doch wurde diese Art im Gegensatz zu den anderen genannten Arten in einem begrenzten Gebiet (St. 70–73) in der Totfauna gefunden. Allerdings kann in Kapitel C 11 wahrscheinlich gemacht werden, daß diese Gehäuse aus einer tieferen Schicht durch Bodenwühler hochgebracht wurden.

Der Unterschied zwischen dem Diagramm der Lebendfauna und dem der Totfauna ist sehr groß. Wenn man an die beherrschende Rolle von *Eggerella scabra* in der Totfauna der Beltsee denkt, dann kann man für das Arkonabecken sagen, daß *Ammotium cassis* diese Rolle übernimmt: die Art beherrscht in beiden Profildarstel-



lungen (Abb. 19, 20) die Totfauna und wurde lebend nur an wenigen Stationen (St. 74, 75, 109, 111) gefunden. Da *A. cassis* eine Sandschaler-Art ist, die vorherrschende lebende Art (*Cribronion excavatum clavatum*) jedoch eine Kalkschaler-Art, muß mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß das abweichende Bild der Totfauna lediglich durch selektive Auflösung von Kalkschalen als Folge höherer CO<sub>2</sub>-Konzentration im Porenwasser vorgetäuscht wird (J. RESIG 1965, Ms. Diss.). Es muß hier daran erinnert werden, daß in der Beltsee ein solches Bild (Lebendfauna durch Kalkschaler, Totfauna durch Sandschaler bestimmt) nur im Schlickgebiet nördlich des Gabelsflach beobachtet wurde (Abb. 14, 15), während in dem langen Fehmarnbelt-Profil (Abb. 16) auffiel, daß Sandschaler-Maxima in der Totfauna auch durch solche in der Lebendfauna begleitet werden.

Einige Beobachtungen weisen darauf hin, daß nicht ausschließlich Auflösung für die Unterschiede zwischen den beiden Faunen verantwortlich sein kann:

1. Durch Auflösung können keine zusätzlichen Arten in die Totfauna gelangen (Gesamtartenzahl größer als Zahl der lebenden Arten).

2. Auch *A. cassis* ist auflösungs-empfindlich, die Gehäuse sind durch Zerstörung des Bindemittels bereits so zerbrechlich, daß eine besonders vorsichtige Behandlung beim Schlämmen erforderlich war.

3. Nur *A. cassis* würde (falls Auflösung entscheidend wäre!) angereichert. Der Anteil der Sandschaler-Art *Reophax dentaliniformis* jedoch, der in der Lebendfauna relativ hoch ist, nimmt nicht zu.

4. Im westlichen Teil des Beckens (St. 54—57) enthält die Totfauna zunächst nur geringe Anteile von *A. cassis*. Dieses Zurücktreten gegenüber der Kalkschaler-Art kann nicht dadurch bedingt sein, daß hier weniger oder noch nicht aufgelöst wurde, denn auch in der Kurve der absoluten Häufigkeiten treten die Sandschaler in diesem Bereich zurück.

5. J. RESIG (1965, Ms. Diss.) fand in einigen der Beckenproben Tektin-Innenhäute von *A. beccarii*.

Man kann also zusammenfassen, daß im Arkonabecken sicherlich Kalkschalen aufgelöst werden und dadurch der Anteil der Kalkschaler-Arten an der Totfauna reduziert wird, daß aber das Gesamtbild der Totfauna vor allem durch abweichende Bedingungen während der Ablagerung des Oberflächen-Sediments geprägt wurde. Das Vorherrschen der Beltseeart *A. cassis* sowie die Hinweise auf *A. beccarii* deuten an, daß diese Bedingungen „mariner“, d. h. durch stärkere bzw. häufigere Einstrome von Tiefenwasser gekennzeichnet waren. Da *A. cassis* erst seit etwa 30 Jahren größere Gebiete der Beltsee besiedeln konnte, ist damit zu rechnen, daß auch die *cassis*-Besiedlung des Arkonabeckens in diese Zeit fällt. Eine genauere Datierung (etwa auf die Einstromsituationen von 1951 oder 1959) ist allerdings aus dem bisherigen Material nicht ableitbar.

Im östlichen Beckenteil wurde eine etwas artenreichere Fauna angetroffen, vor allem *Reophax dentaliniformis regularis* nimmt etwa ab St. 63 deutlich zu. *A. cassis* agglutiniert wesentlich gröbere Körner als im Westteil des Beckens (Tafel 10!), außerdem wurden in diesem Gebiet bereits wieder etwas höhere Besiedlungsdichten beobachtet. Da gleichlaufend mit der *Reophax*-Zunahme auch die Medianwerte des untersuchten Korngrößenanteils (> 0,04 mm) über 0,05 mm ansteigen, kann auf etwas bessere Durchlüftung des Bodenwassers infolge erhöhter Stromgeschwindigkeiten geschlossen werden. Die Karte (Abb. 2) zeigt, daß sich das Becken hier bereits wieder verengt, so daß diese Vorstellung wahrscheinlich den Gegebenheiten entspricht. Da sich *Reophax dentaliniformis* in den östlichen Becken tatsächlich als besonders sauerstoff-bedürftige Art erweist, kann man also bereits im Arkona-

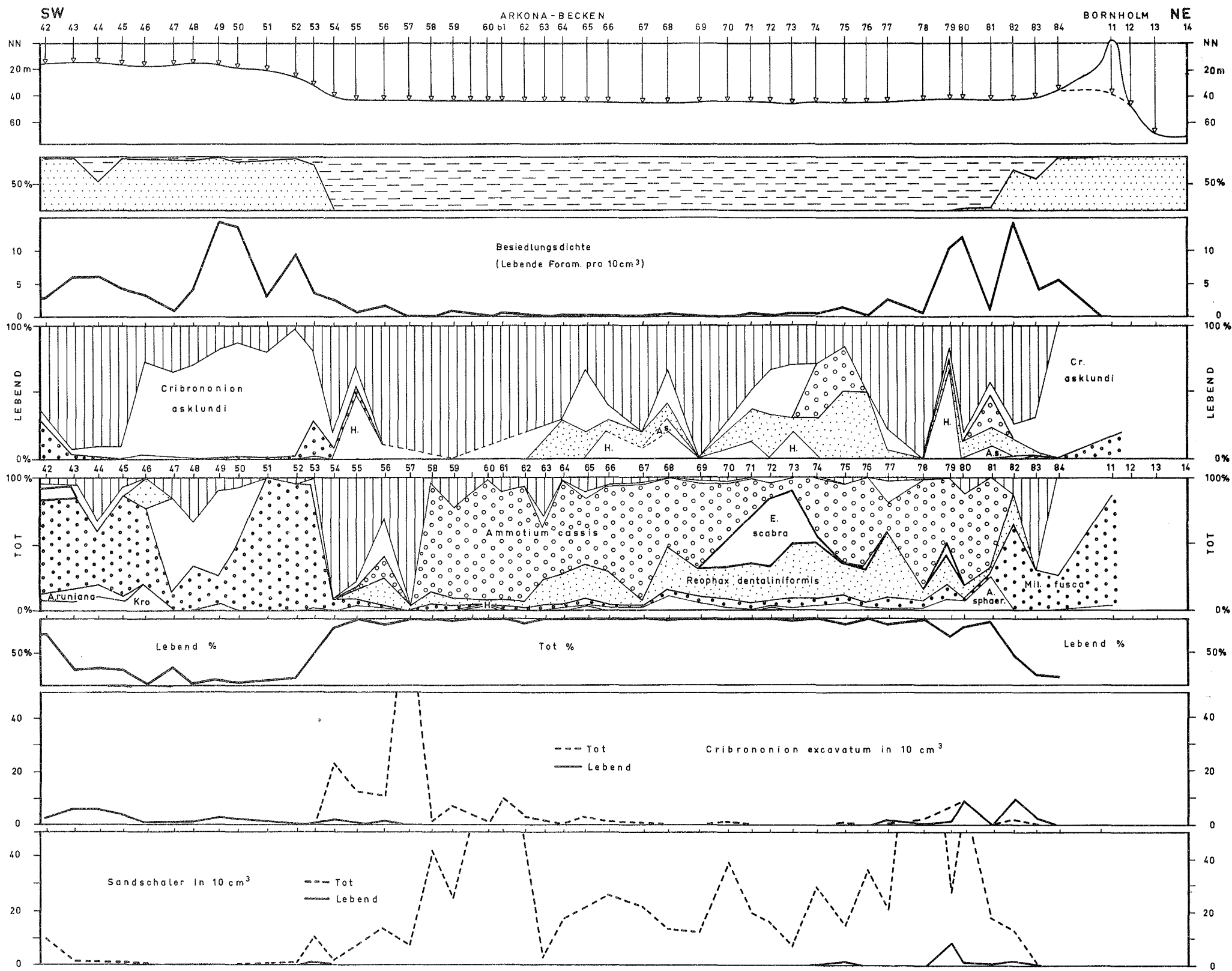


Abb. 19: Arkonabecken.

becken eine leichte Abhängigkeit der Fauna vom Grad der durchschnittlichen Wassererneuerung annehmen.

Das prozentuale Verhältnis Lebendfauna zu Totfauna zeigt dieselbe Tendenz wie in der Beltsee: es ist in den dünner besiedelten Gebieten mit Schlicksedimentation stark zu Gunsten der Totfauna, die meistens 99% der Fauna ausmacht, verschoben. Die Besiedlungsdichte lag (1963) im Beckenzentrum meist unter 1/10 cm<sup>3</sup>; erst im östlichen Beckenteil wurden wieder etwas höhere Werte erreicht.

In Abb. 20 wurde ein Querprofil vom Sund durch das Arkonabecken zum Adlergrund dargestellt. Da der Meeresboden zum Sund weniger steil ansteigt als zur Darsser Schwelle, liegt eine Reihe von Stationen in mittleren Wassertiefen zwischen 30 und 40 m. Wichtig ist, daß in diesem Gebiet erstmals die für die östlicheren Becken typischen randlichen *Reophax*-Maxima auftreten. Sie liegen ungefähr in Wassertiefen, in denen das sich vom Osten vorschiebende kalte Ostsee-Zwischenwasser austreicht. Außerdem zeigen die Populationen (St. 114) bereits die niedrige Kammerhöhe der östlichen Becken, während die von der Sohle des Arkonabeckens vermessene Population noch ganz dem schlanken Beltsee-Typ entspricht.

Die eigentliche Schwellenfauna ist auf Abb. 20 durch eine stärker betonte Linie abgetrennt worden. Aber auch auf Abb. 19 wird deutlich, daß die Schwellenfauna fast nur aus *Miliammina fusca* und *Cribrononion asklundi* besteht. Da die Schwellen in das nur schwach salzhaltige, westwärts strömende Oberflächenwasser hineinragen, wird diese niedrige Artenzahl ebenso wie die Zusammensetzung der Fauna aus Brackwasserarten verständlich.

Auffällig ist, daß die Kalkschaler-Art *Cr. asklundi* in der Totfauna gegenüber *Miliammina fusca* stark zurücktritt. Auflösung der Kalkschalen kommt auf den Schwellen kaum in Frage. Man muß also die leeren *Miliammina*-Gehäuse als Rest einer früher dichteren, monotypischen Besiedlung ansehen. Da auf den Schwellen laufend Sediment und Foraminiferen ausgewaschen werden, kann diese „*Miliammina*-Zeit“ kaum weit zurückliegen; doch kann aus den bisherigen Beobachtungen keine genauere Datierung erfolgen. Auch jahreszeitliche Unterschiede dürften eine Rolle spielen. Da im Sund und auf der Darsser Schwelle auch einzelne Maxima von *Cr. excavatum* und sogar *Reophax* (Abb. 19, St. 46) auftreten, muß jedoch angenommen werden, daß die Lebendfauna der Schwellen zur Zeit der Probenentnahme durch häufigeren Einstrom von salzhaltigerem Wasser oder durch liegengebliebene Tiefenwasser-Kissen beeinflusst wurde (Herr HANSEN, Kopenhagen, fand nach frdl. mündlicher Mitteilung in der Nähe unserer Sund-Station 118 die vollmarine *Bulimina marginata*). Es besteht also die Möglichkeit, daß das Überwiegen von *Cr. asklundi* in der Lebendfauna mit dieser Tendenz im Zusammenhang steht.

Im Profil Sund-Adlergrund und noch mehr im Querprofil durch das Bornholmsgatt (Abb. 21) wirkt die Beckenfauna im Totdiagramm wesentlich eingengter als in der Lebenfauna. Es ist noch nicht einwandfrei zu klären, ob sich etwa im Sundprofil die erwähnte kalte Zwischenwasserschicht stärker durchsetzen konnte oder ob *Miliammina*-Gehäuse in stärkerem Maße hangabwärts verfrachtet werden. Die Verhältnisse im Bornholmsgatt machen aber wohl doch deutlich, daß Tiefen- und Zwischenwasser bei der Probenentnahme eine größere Rolle gespielt haben, als es in der Totfauna zum Ausdruck kommt. Die im topographischen Schnitt (Abb. 21) dargestellten Grenzen zwischen den Wassermassen sind aus den Echogrammen, die während der Probenentnahme aufgenommen wurden, entnommen; die Temperaturen gehen auf Bathysonden-Messungen durch Dr. KRAUSE, Kiel zurück. Ich nehme an, daß bei (winterlichen) Verstärkungen der im August 1963 nur etwa 15 m mächtigen Oberflächenwasser-Schicht auch die Areale der Schwellenfauna (*M. fusca*) entsprechend erweitert werden.

Aus Abb. 21 wird auch wieder deutlich, wie wenig die Verteilung der Arten mit dem Sediment zusammenhängt. Im Bereich des Einstromwassers ( $13^{\circ}\text{C}$ ) ist der Meeresboden im allgemeinen von der Strömung freigefegt, nur gröbere Restsedimente und Mangankrusten bedecken den anstehenden Bänderton (der im Sedimentdiagramm an den St. 99, 100, 107 dargestellte feine Kornanteil ist irreführend, da er fast ausschließlich auf aufgeweichten Bänderton zurückgeht). Trotzdem besiedeln diese Flächen dieselben Foraminiferen-Arten, die auch auf dem schlickigen Sand des Nordwest-Hanges leben (abgesehen von *Hippocrepina*).

*Ammonium cassis* ist im Bornholmstyp auf die tiefsten Gebiete beschränkt, über denen sich am häufigsten einströmendes Tiefenwasser befinden dürfte.

Die Besiedlungsdichten auf den Randschwellen des Arkonabeckens schwanken zwischen 2 und  $15/10\text{ cm}^3$  und sind damit wesentlich höher als die der Becken. Sie entsprechen in der Größenordnung den Besiedlungsdichten der Untiefen in der Kieler Bucht, die ebenfalls in ausströmendes Oberflächenwasser hineinragen und von *Miliammina fusca* und *Cribronion asklundi* besiedelt werden.

## 6. Bornholmbecken

Aus dem flachen Arkonabecken strömt das Tiefenwasser durch die Enge des Bornholmstyp in das bis zu 105 m tiefe Bornholmbecken. Die Morphologie des Beckens ist in großen Zügen auf der Kartenskizze zu Abb. 23 dargestellt. Die Tiefenlinien zeigen, daß das Becken von hohen Schwellen abgeschlossen wird. Das ostwärts weiterströmende Tiefenwasser muß daher die Stolper Schwelle überwinden, die etwa 45 m über der Beckensohle liegt. Da natürlich mit dem Einströmen in das Bornholmbecken sofort eine Schweresonderung der Wassermassen eintritt, kann es sich bei dem abströmenden Wasser nur um leichteres, salzärmeres Wasser handeln, während das schwere, salzhaltigere Wasser im Becken zurückbleibt. Der Salzgehalt in den ostwärts anschließenden Becken bleibt deshalb unter den Werten des Bornholmbeckens. Durch das relativ große Volumen (gemessen unter Schwellenniveau) können kleinere Zufuhren von Tiefenwasser ohne weiteres aufgefangen werden, so daß sie sich in den östlichen Becken nicht mehr bemerkbar machen.

FONSELIUS (1962, S. 10—11) zeigt, daß der Salzgehalt nach dem großen Salzeinbruch im Winter 1951/52 von  $21\text{‰}$  kontinuierlich bis auf  $13\text{‰}$  im Jahre 1958 absank. Der ebenfalls sprunghaft angestiegene Sauerstoffgehalt, der vor allem durch Oxydation des reichlich anfallenden organischen Materials reduziert wird, sank dagegen wesentlich schneller ab: bereits 1953 konnten wieder Werte um 0 gemessen werden. Zwischen den einzelnen Nachschüben von Nordseewasser kommt es daher im Bornholmbecken zu mehr oder weniger langen Stagnationsperioden. In diesen Zeiten wird nur wenig Sauerstoff durch Vermischung mit dem aus Osten vordringenden kalten Zwischenwasser oder durch kleinere Einströme zugeführt, der zudem meistens auf mittlere Wasserschichten beschränkt bleibt und in wenigen Wochen wieder verbraucht sein kann (FONSELIUS 1962). Dieser grundsätzliche Unterschied zum Arkonabecken, dessen Bodenwasser infolge des geringen Beckenvolumens schon von kleinen Einstrommengen beeinflusst wird, muß auch eine deutlich verschiedene, bereits den östlichen Becken entsprechende Foraminiferen-Fauna bewirken.

Die auf Abb. 23 dargestellten Faunendiagramme zeigen, daß diese theoretische Vorstellung zutreffend ist. Die Fauna des Beckentiefsten besteht ausschließlich aus *Cribronion excavatum*, die sich damit als besonders anspruchslos erweist (eine Parallele zu dem Vorherrschen der Art in der ebenfalls sauerstoffarmen Förde!). Die Besiedlungsdichten der tieferen Beckenböden ist extrem niedrig und liegt

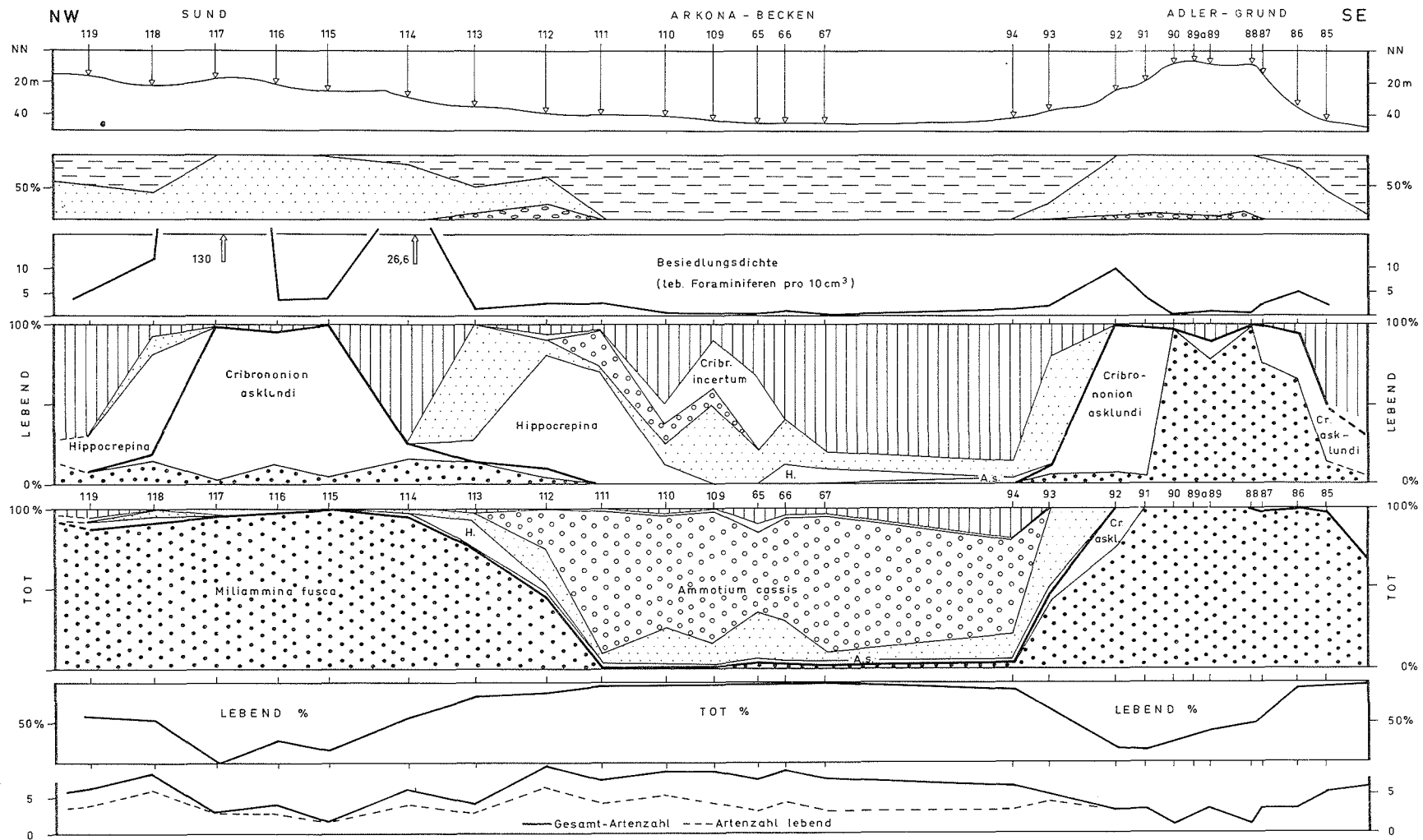


Abb. 20: Profil Sund — Arkonabecken — Adlergrund.

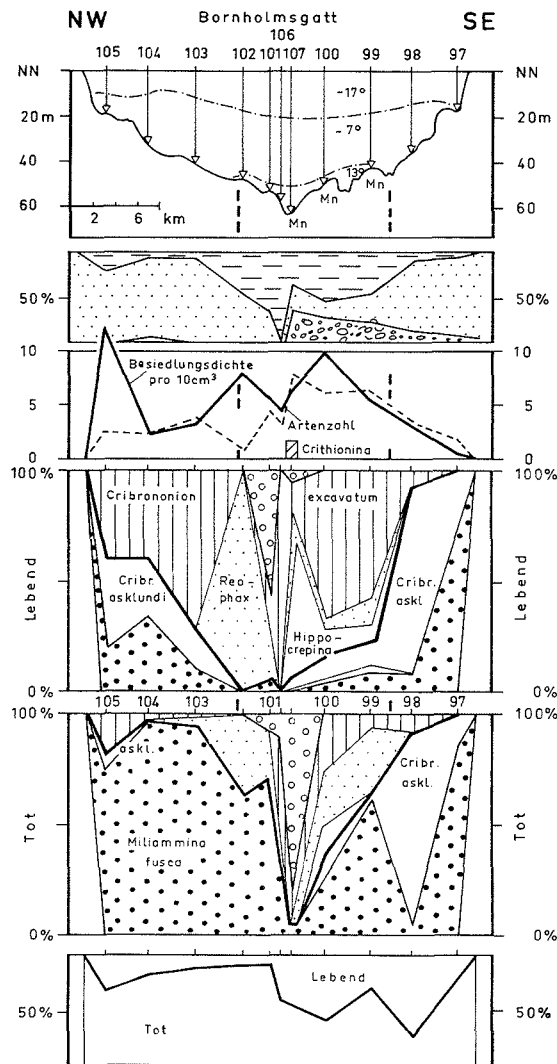


Abb. 21: Bornholmsgatt.

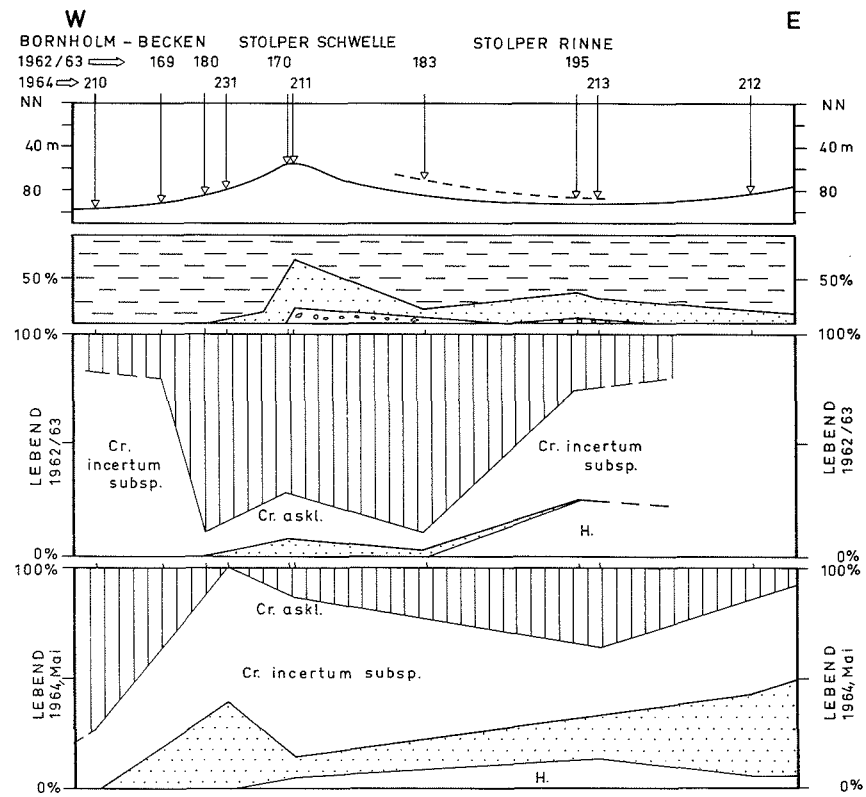


Abb. 22: Lebendfauna auf der Stolper Schwellen. Veränderung von 1962/63 bis Mai 1964

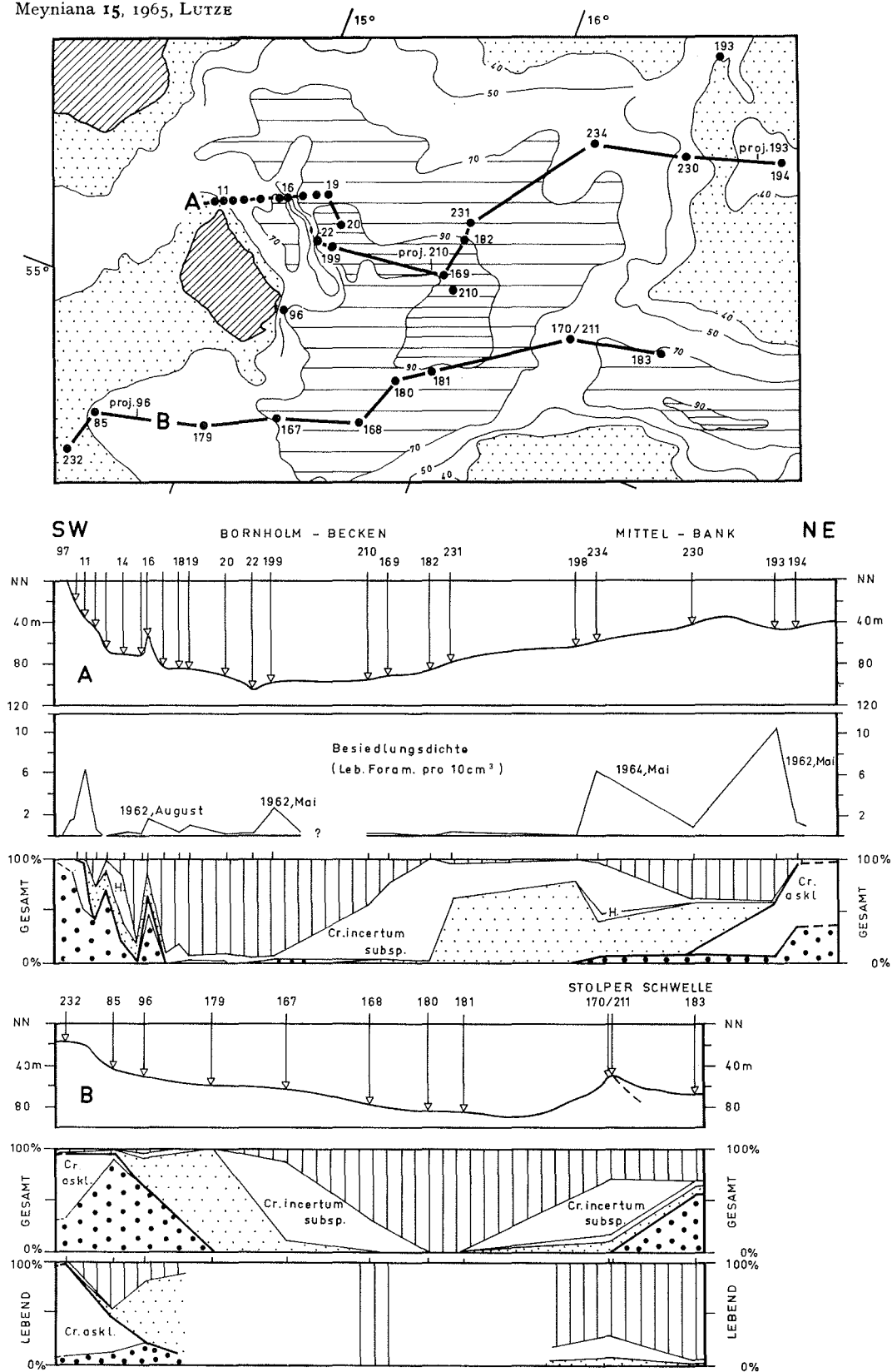


Abb. 23: Bornholmbecken.

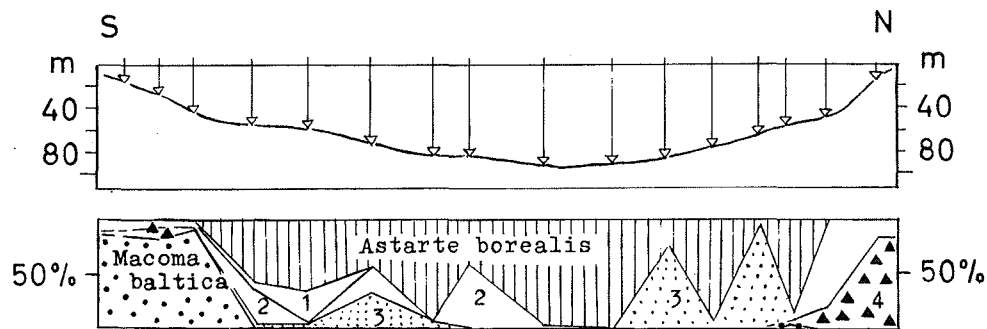


Abb. 24: Makrofauna im Bornholmbecken (bezogen auf Biomasse). Nach DEMEL & MULICKI 1954. — 1 *Halicryptus*; 2 *Macoma calcarea*; 3 *Scoloplos*; 4 *Mytilus edulis*.

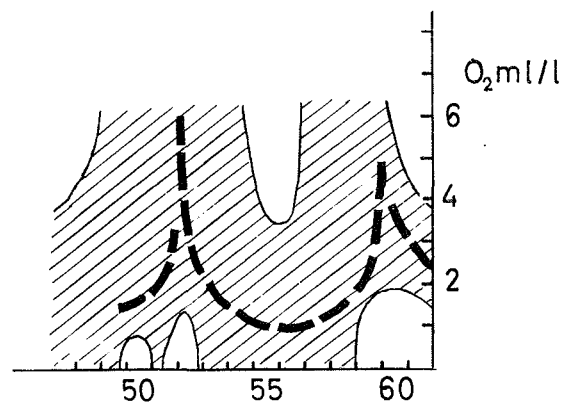


Abb. 25: Sauerstoffgehalt im Bornholmbecken von 1948—1961, gemessen in 80 m Tiefe; nach FONSELIUS 1962. — Schraffiert: Schwankungsbreite; Gestrichelt: Durchschnitt.



meist unter  $0,5/10 \text{ cm}^3$ . Relativ hohe Werte konnten noch aus den 1962 (Mai: St. 1991, August: St. 11—22) entnommenen Proben ermittelt werden, was auf den Anstieg des Sauerstoffgehalts ab 1959 zurückzuführen sein dürfte. Aus Abb. 25 (nach FONSELIUS 1962) geht hervor, daß mindestens bis 1961 in 80 m Wassertiefe Sauerstoffgehalte um  $2 \text{ ml/l}$  vorhanden waren. Die 1963 und 1964 entnommenen Proben ergaben niedrigere Besiedlungsdichten, doch liegen zu wenig Proben vor, um eine eindeutige Beziehung zwischen Sauerstoff-Schwund und Abnahme der Besiedlungsdichten herzustellen. Einzelne Sauerstoffwerte, die ich Herrn Dr. GRASSHOFF, Kiel, verdanke, zeigen für 1963 in 100 m Tiefe  $0,2$  und 1964  $0,4 \text{ ml/l}$  Sauerstoff. Durchgehende Diagramme der Lebendfauna konnten wegen der niedrigen Besiedlungsdichte nicht gezeichnet werden; gefärbte und ungefärbte Foraminiferen wurden daher zusammen als „Gesamtfauna“ dargestellt.

Da sich die Schwankungsbreiten von Temperatur und Salinität im Bornholm- und Arkonabecken überschneiden, könnte man geneigt sein, daß Fehlen von *Ammonium cassis* auf den Faktor Sauerstoffgehalt zurückzuführen. Es ist jedoch zu wenig über das Zusammenspiel der Faktoren bei dieser Art bekannt, um irgendwelche Schlüsse zuzulassen.

So wäre durchaus denkbar, daß die auch nach starkem Einstrom (1951) innerhalb eines Jahres wieder auf unter  $8^\circ\text{C}$  absinkenden Temperaturen den Salzgehaltstoleranzbereich der Art für die gegebenen Salzgehalte zu stark einengen. Es wird wieder deutlich, daß die Verbreitung der Foraminiferen-Arten in einem Brackmeer nur selten auf einen Parameter allein bezogen werden kann und daß dementsprechend feinere Unterteilungen der Faunen entsprechend den vielfach verbreiteten (und geänderten!) begriffsreichen Salinitäts-Schemata sinnlos erscheinen.

Etwas klarer scheinen die Verhältnisse allerdings bei *Reophax dentaliniformis regularis* zu liegen, der auf die Beckenhänge beschränkt ist. Besonders auf den östlichen Hängen nimmt die Art hohe Anteile an der Gesamt-Foraminiferenfauna ein (Abb. 23, Profil A). Es fällt auf, daß sich dieser Lebensraum mit der mehrfach beobachteten Tiefenverbreitung des kalten Zwischenwassers genau deckt; man vergleiche z. B. mit der Darstellung der Wasserschichtung bei WÜST & BROGMUS (1955, Taf. 6). Nach diesen Autoren handelt es sich bei den etwa zwischen 30 und 75 m eingeschalteten und gewöhnlich mehrfach aufgespalteten Wassermassen um „Reste der durch Vertikalkonvektion nach unten vorgedrungenen winterlichen Abkühlung“. Temperaturen und Salzgehalte dieser Wasserkörper liegen deutlich unter denen des tieferen Beckens, der Sauerstoffgehalt dagegen erheblich darüber. Da nicht einmal leere Gehäuse von *Reophax* im Beckenzentrum (tiefer als 80 m) gefunden wurden, darf man annehmen, daß *R. dentaliniformis* höhere Ansprüche an den Sauerstoffgehalt stellt als die übrigen Arten.

Zwischen den randlichen *Reophax*-Maxima und dem Beckenzentrum mit vorherrschender *Cribrononion excavatum*-Besiedlung sind Maxima einer Unterart von *Cr. incertum* eingeschaltet. Die Verbreitung dieser taxonomisch noch nicht endgültig abgegrenzten Unterart (Übergänge zu *Cr. asklundi*!) im anschließenden Gotlandbecken deutet darauf hin, daß sie ähnliche Ansprüche wie *R. dentaliniformis* stellt. Im Bornholmbecken reicht ihr Vorkommen jedoch bis in den Bereich des Tiefenwassers hinein.

Die Fauna der in die Oberflächenwasser-Schicht hineinragenden Schwellen besteht wie im Arkonabecken aus *Miliammina fusca* und *Cribrononion asklundi*. Auch die Besiedlungsdichte erreicht ähnliche Werte (bis  $11/10 \text{ cm}^3$ ). Eine weitere Parallele besteht im Vorherrschen von *Cr. asklundi* in der Lebendfauna von St. 85 und 232 (Abb. 26, Profil B), während die Totfauna höhere Anteile von *Miliammina fusca* aufweist.

Im Bornholmbecken lassen sich demnach drei Foraminiferen-Gemeinschaften unterscheiden, die bestimmten Wassermassen zugeordnet werden können.

Auflösungserscheinungen konnten in fast allen Proben beobachtet werden. Die Mehrzahl der Kalkschaler-Gehäuse war deutlich korrodiert. Da die Zahl der leeren Gehäuse auch bei Annahme einer infolge der Stagnationsperioden nicht ständigen Besiedlung der Beckensohle auffällig niedrig ist, muß mit regelmäßiger vollständiger Zerstörung der Gehäuse gerechnet werden. Auch die Totfauna des Bornholmbeckens bezieht sich daher auf einen nur kurzen Zeitraum von höchstens 1 bis 2 Jahren.

Mehrfach wurden Gehäuse (*Cr. excavatum*) beobachtet, die nach Plasmafärbung in den inneren Kammern noch Protoplasma enthielten und trotzdem bereits leichte Anzeichen von Korrosion zeigten. Daß es sich dabei um noch lebendes Protoplasma handeln kann, zeigen Stücke, die trotz Korrosion oder Zerbrechen noch weitergewachsen sind. Sehr deutlich ist auch die Tendenz weit zurückgezogener Plasma-reste: während im allgemeinen das Protoplasma nur aus der letzten bis vorletzten Kammer zurückgezogen ist, wurden im Bornholmbecken häufig Populationen beobachtet, bei denen drei und mehr Kammern geräumt waren. Ähnliche Beobachtungen konnte ich an Foraminiferen machen, die im Aquarium unter ungünstigen Bedingungen gehalten wurden (Stagnation durch abgestorbene Muscheln). Möglicherweise kann aus diesen Beobachtungen geschlossen werden, daß *Cr. excavatum clavatum* kürzere Stagnationsperioden ohne Lebenstätigkeit überdauern kann.

DEMEL & MULICKI veröffentlichten 1954 ein Nord-Süd-Profil durch das Bornholmbecken, das die Verteilung der Makrofauna in diesem Gebiet wiedergibt. Sie geben die Biomasse der einzelnen Arten in Gramm pro Quadratmeter an. Diese Angaben wurden in Prozentanteile der Arten an der Biomasse umgerechnet und in Form der in dieser Arbeit üblichen Diagramme dargestellt (Abb. 24). Obwohl die Arten der Makrofauna stärker sedimentabhängig sein dürften, ergeben sich gewisse Ähnlichkeiten zu unserem Foraminiferen-Diagramm (Abb. 23): die auf die Schwellen beschränkte *Miliammina fusca* — *Cribronionion asklundi* — Gemeinschaft scheint Teil der *Macoma baltica*-Coenose (REMANE 1958, S. 154) zu sein. (Der in dem Profil zum Ausdruck kommende Unterschied zwischen Nord- und Südufer ist klimatisch bedingt und würde bei ostwestlicher Anordnung des Schnittes wegfallen).

#### 7. Die östlichen Becken

Es muß eingangs wiederholt werden, daß die Stationsdichte in den östlichen Becken noch gering ist und daß keine Stationen in flacherem Wasser vorliegen. Wie weit die Fauna des Oberflächenwassers (*Mil. fusca* und *Cr. asklundi*) nach Osten und Norden vordringt, ist also noch unbekannt. Auch nördlich von Stockholm und aus dem Finnischen Meerbusen wurden keine Proben entnommen.

Sämtliche Nachschübe von Tiefenwasser müssen die Stolper Schwelle überqueren, wenn sie in die östlichen Becken vordringen wollen. Die besonders interessanten Besiedlungsverhältnisse auf dieser Schwelle sind in Abb. 22 dargestellt. Obwohl die geringe Stationsdichte ein genaues Urteil erschwert, scheint doch eine deutlich abweichende Artenverteilung in zwei aufeinander folgenden Jahren erkennbar zu sein. Die 1962 und 1963 entnommenen Proben enthielten in der Schwellenregion hohe Anteile von *Cr. excavatum clavatum*, während im Mai 1964 *Cr. asklundi*, *Cr. incertum* subsp. A und *Reophax dentaliniformis* fast 90% der Fauna ausmachten. Auch die Besiedlungsdichten (Abb. 26) sind wechselhaft: die 1963 entnommene Probe enthielt 9 lebende Foraminiferen in 10 cm<sup>3</sup>, die 1964 entnommene nur 1,5.

FONSELIUS (1962) konnte zeigen, daß die 1959 eingeströmten Wassermassen voll vom Bornholmbecken aufgenommen wurden und erst 1961 wieder frisches Tiefen-

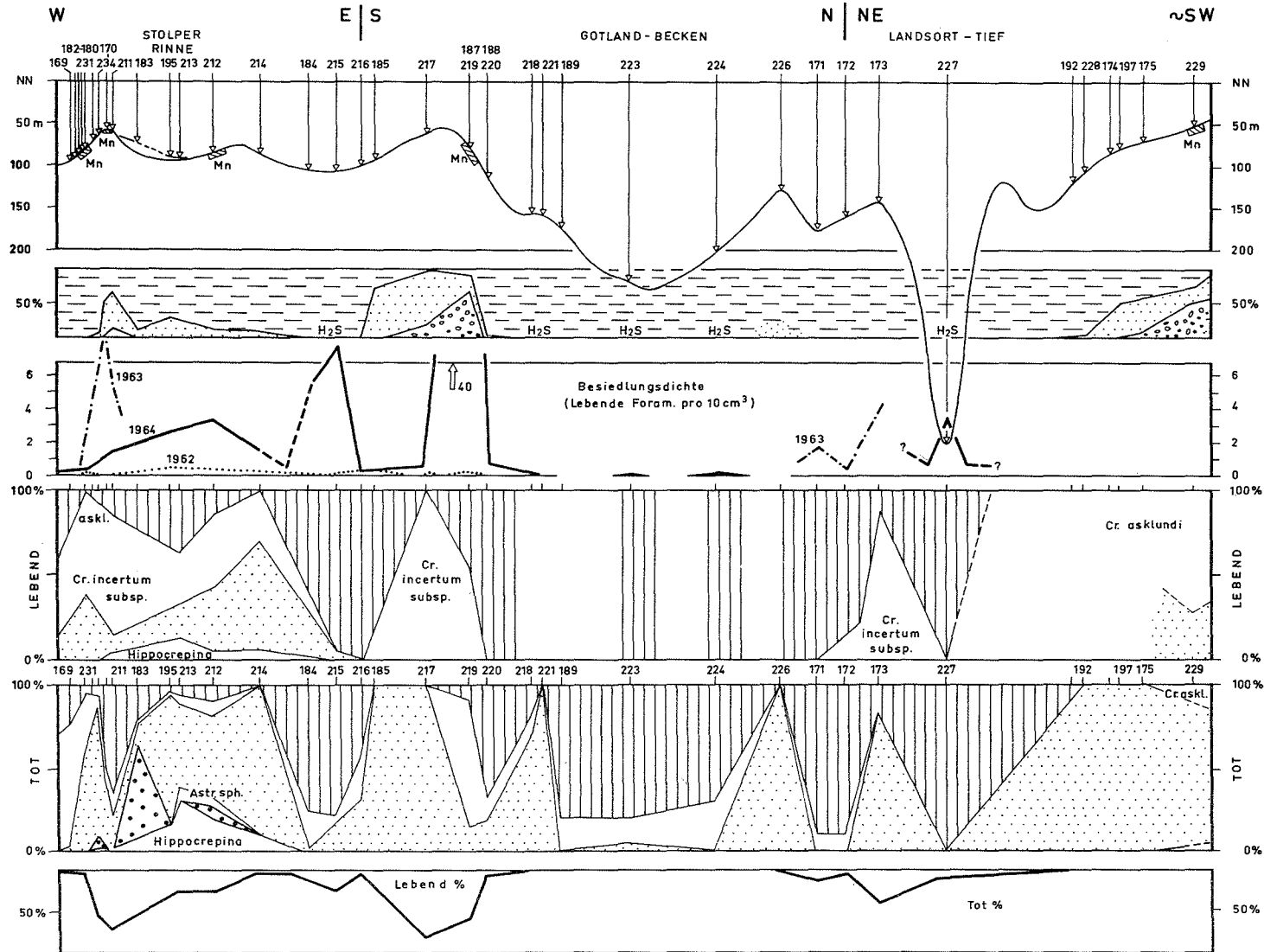


Abb. 26: Profil Stolper Schwelle — Danzigtiefl — Gotlandbecken — Landsorttiefl — Gotlandsee.

wasser im Gotlandbecken feststellbar war. Es ist demnach denkbar, daß das 1961 und (?) 1962 einströmende Wasser zunächst im Gebiet der Stolper Schwelle vorübergehend die für *Cr. exc. clavatum* günstigen Bedingungen schuf. Demgegenüber (Abb. 26) war das Beckenwasser selbst in dieser Zeit offenbar noch nicht ausreichend oder lange genug erneuert, um nach 9 Stagnationsjahren wieder eine Foraminiferen-Besiedlung zu ermöglichen<sup>1)</sup>! 1964 scheinen sich diese Verhältnisse umgekehrt zu haben: *Cr. exc. clavatum* besiedelt jetzt die Becken — bis zum Landsorttief! — während sein Anteil auf der Eingangsschwelle bereits wieder zurückgegangen ist. — Es ist dringend erforderlich, bei Kieler Routinefahrten jeweils mehrere Proben von der Stolper Schwelle zu sammeln, um die hier angenommenen Zusammenhänge zwischen Einstrom und Arealerweiterung der Beckenart *Cr. exc. clavatum* nachzuprüfen und zu sichern.

Die auf Abb. 26 dargestellten Besiedlungsdichten zeigen deutlich die Aufwärtstendenz von 1964. Die auf St. 219 ermittelte Besiedlung liegt sogar über den Höchstwerten des Bornholmbeckens (40/10 cm<sup>3</sup>). Bezeichnend ist die Sedimentbeschaffenheit an dieser Station: ein hoher Kiesanteil deutet auf Auswaschung und stärkere Wasserbewegung. Auch hier drückt sich wieder die Sauerstoff-Abhängigkeit der Foraminiferen aus.

Trotz der geringen Stationsdichte vermitteln die Diagramme den Eindruck, daß *Cr. excavatum clavatum* auf das salzhaltigere Beckenwasser beschränkt ist (Salzgehalte zwischen 12,5 und 13,5‰), während die in das kalte Zwischenwasser hineinragenden Schwellen vorwiegend von *Reophax dentaliniiformis* besiedelt werden. Allerdings wurde *Reophax* lebend nur bis in das Danzigetief (St. 215) nachgewiesen; ein Hinweis darauf, daß auch diese Art nicht ständig im Gotlandbecken und seinen Randgebieten siedeln kann. Eine Erklärung für ihr Zurücktreten gerade in Zeiten allgemein steigender Besiedlungsdichten (1964) kann natürlich noch nicht gegeben werden; mögliche Ursachen könnten jahreszeitliche wie auch aperiodische Schwankungen der Eigenschaften des Zwischenwassers sein ebenso wie eine Einengung der Zwischenwasserzone von oben oder unten.

Da während der Stagnationsperiode auch im freien Wasser H<sub>2</sub>S nachgewiesen wurde (FONSELIUS 1962), ist anzunehmen, daß die Becken im Anschluß an die 1961 beginnende schubweise Wassererneuerung vollständig neu besiedelt werden mußten. Es muß damit gerechnet werden, daß diese Besiedlung von ziemlich weit entfernten Gebieten (Stolper Schwelle?) ausgeht. Bei einer genaueren und jährlich wiederholten Bestandsaufnahme könnte man daher Informationen über die Strecken erwarten, die die planktonischen Jugendstadien zurücklegen können. Solche Informationen fehlen in der bisherigen Literatur vollständig.

#### 8. Gesamttenz der Foraminiferen-Besiedlung

Auf Abb. 27 ist der Versuch gemacht worden, die Beobachtungsergebnisse in einem Bild darzustellen. Da in fast allen Profilen die Abhängigkeit der Besiedlung von der thermohalinen Wasserschichtung zum Ausdruck kam, erschien ein rein geographischer Bezug wenig ratsam. Zweckmäßig erwies sich dagegen eine Aufteilung des Verbreitungsgebietes nach „Wassermassen“, die entsprechend ihren Salzgehalten und Temperaturen angeordnet wurden. Die untere Spalte der Abbildung gibt die Grobeinteilung in Oberflächenwasser, Einstromwasser und Beckenwasser.

<sup>1)</sup> Die 1962 und 1964 entnommenen Proben wurden auf den Fischerei-Forschungsfahrten des FFS „Anton Dohrn“ gewonnen. Die Fahrten zeigten, daß auch die Fischbestände in den Becken 1962 geringer waren als 1964. Die Fauna muß sich nach langen Stagnationsperioden erst wieder „einstellen“.

Dabei wird hier unter Oberflächenwasser das ausströmende Ostseewasser und unter Einstromwasser das in die Beltsee eingedrungene Tiefenwasser verstanden. Wenn dieses Einstromwasser den Mischkessel der Beltsee verläßt und über die Darsser Schwelle nach Osten vordringt, ist es bereits merklich ausgesüßt. Ebenso wie das bereits von früheren Einstromfällen in den Becken lagernde schwere Tiefenwasser wird es dann als Beckenwasser bezeichnet.

Temperaturen und Salzgehalte wurden als Schwankungsbreiten (senkrechte Balken und Linien) dargestellt, die sich aus den veröffentlichten Daten der letzten 15 Jahre ergaben (DIETRICH 1956, FONSELIUS 1962, KÄNDLER 1959, HELA & KRAUSS 1959, WÜST & BROGMUS 1955). Für die Beltsee konnten die Beobachtungsergebnisse der Feuerschiffe (DHI) mit herangezogen werden. — Selbstverständlich werden diese Schwankungsbreiten immer wieder ergänzt werden müssen, doch wird sich das allgemeine Bild kaum ändern: zwei brackische Bereiche mit ungefähr entsprechenden Salzgehalten, die sich jedoch grundsätzlich in der Temperatur unterscheiden. Während das Brackwasser der Oberfläche hohe Schwankungsbreiten mit Spitzenwerten nahe 20°C aufweist, schwankt das Brackwasser der Becken auch in Ausnahmefällen meist nur um wenige Grad und liegt fast immer unter 10°C.

Man kann also in der Ostsee zusammenfassend zwischen warmem Brackwasser, kaltem Brackwasser und Meerwasser (brachyhalin) unterscheiden. Dieser Unterteilung entsprechen drei deutlich abgegrenzte Foraminiferen-Gemeinschaften:

1. Die Arten des „warmen Brackwassers“ werden hier vereinfachend als **Brackwasser-Fauna** des Oberflächenwassers bezeichnet. Sämtliche Arten dieser Fauna kommen auch im Nordseewatt vor. Während einige dort ebenfalls bevorzugt im brackischen Milieu leben (*Miliammina fusca*), finden wir andere in Wasser mit Salzgehalten zwischen 24 und 32‰ (*Cribrononion cf. alvarexianum*). Es wird angenommen, daß sich die Salzgehalts-Toleranz dieser marin-euryhalinen Arten bei höheren Temperaturen erweitert. Sie sind deswegen auf das Oberflächenwasser beschränkt. — In Lagunen und Ästuaren verzahnt sich die Brackwasserfauna mit Arten des brackisch-limnischen Bereiches. Ebenso kann eine Verzahnung mit der Fauna des Tiefenwassers eintreten, wenn in dem betreffenden Gebiet die Lage der Wasserschichten wechselt. Die Totfauna enthält dann Elemente beider Gemeinschaften. — In der Beltsee werden im Bereich des Oberflächenwassers, also in dem Lebensraum der Brackwasserfauna, vorwiegend grobklastische Sedimente gebildet. Eine Sedi-mentabhängigkeit der Fauna liegt jedoch nicht vor, da dieselben Arten in einigen Gebieten und vor allem im Nordseewatt auch auf Schlick leben.

2. Die im Bereich des einströmenden, salzhaltigeren Tiefenwassers lebende Gemeinschaft wird als **marine Fauna** aufgefaßt. Sie ist auf die Beltsee und das Arkona-

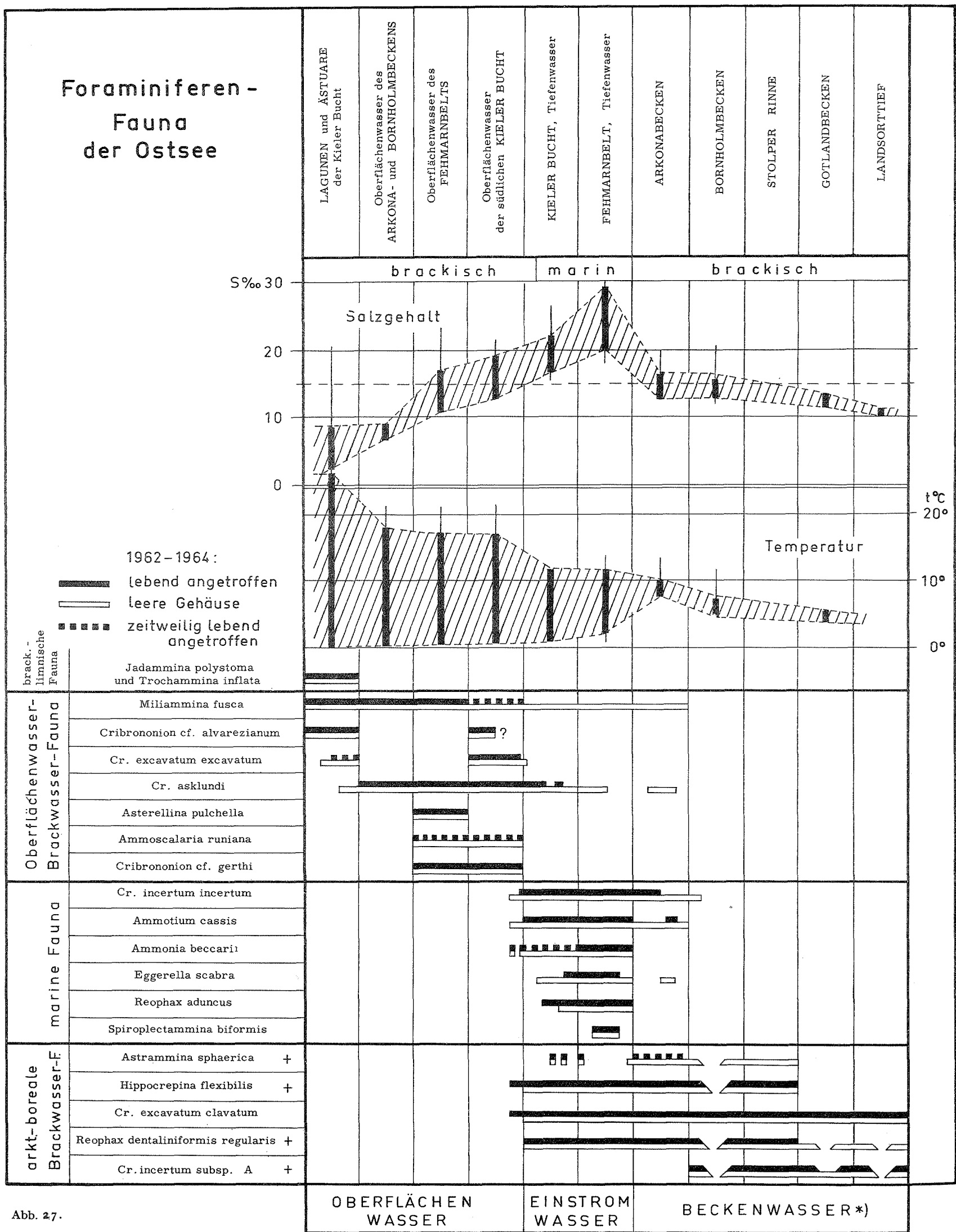
---

Abb. 27: Gesamtübersicht über die Foraminiferen-Verbreitung in der Ostsee (ohne Phytal-fauna). Die Verbreitung der zu „Faunen“ zusammengefaßten Arten ist für die verschiedenen Bereiche mit horizontalen Balken angegeben. Darüber sind durch senkrechte Balken die jeweiligen Schwankungsbreiten von Salzgehalt und Temperatur dargestellt. Diese Angaben wurden aus der Literatur über die letzten 15 Jahre entnommen und durch Einzelbeobachtungen, die ich verschiedenen Mitarbeitern des Instituts für Meereskunde, Kiel, verdanke, ergänzt.

Die mit + bezeichneten Arten der arktisch-borealen Fauna sind auf die Randgebiete der Becken beschränkt.

\*) Unter Beckenwasser wird nur das im Beckentiefsten lagernde Wasser verstanden. Die verschiedenen Zwischenwassermassen sind nicht berücksichtigt.

Foraminiferen -  
Fauna  
der Ostsee



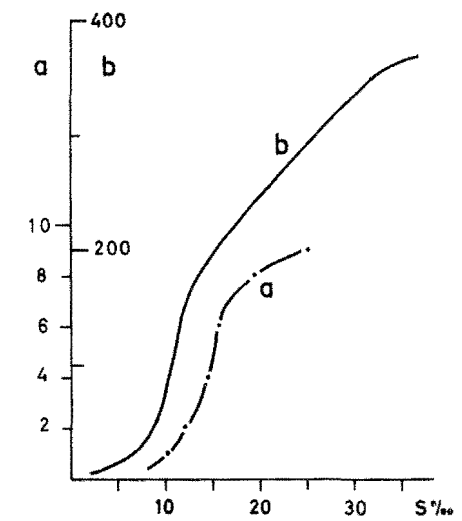


Abb. 28: Remanekurve nach Foraminiferen. — a: Zahl der Foraminiferen-Arten; b: kompilierte Artenzahl nach REMANE. Vergleiche mit Text!

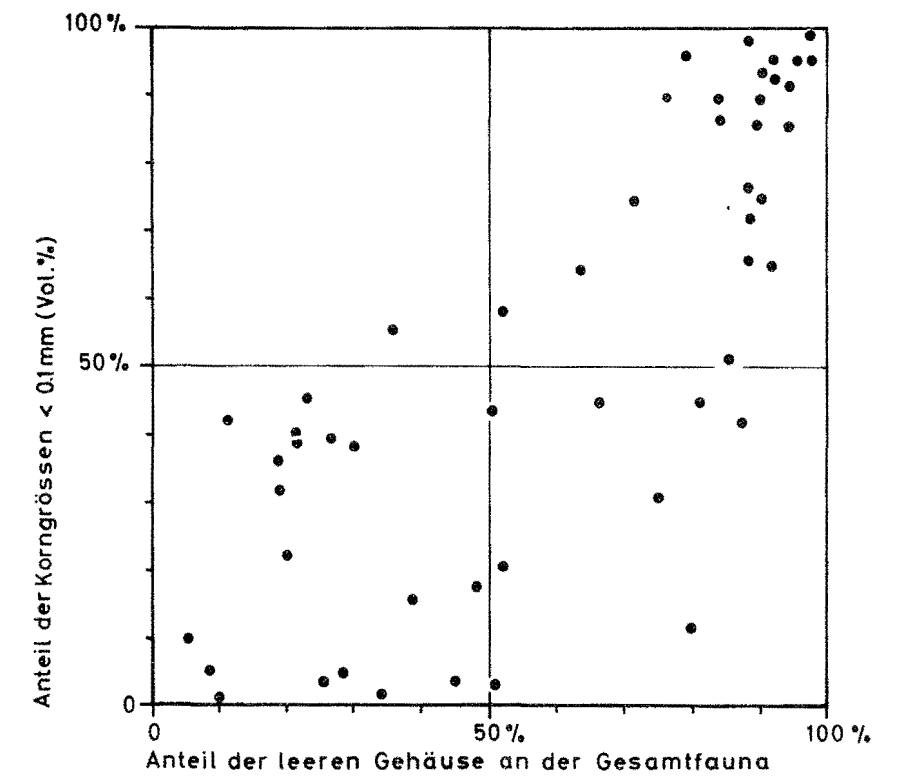


Abb. 29: Beziehungen zwischen Korngrößen und den Anteilen der leeren Gehäuse an der Gesamtfauuna. — Feinkörnige Sedimente mit über 50 Vol.-% Korngrößen unter 0,1 mm enthalten fast immer mehr als 50% leere Gehäuse.

becken beschränkt, einige seltenere Arten kommen sogar nur im Einstromgebiet südlich des Großen Belts vor (eingedröftete planktonische Jugendstadien, die sich gelegentlich festsetzen und aufwachsen, jedoch nicht vermehren können). — Nur 17% dieser marinen Arten werden auch im Nordseewatt gefunden, bei Berücksichtigung des Sublitorals steigt der Prozentsatz auf etwa 33%. Dagegen sind mindestens drei Arten der marinen Fauna aus arktischen Gewässern (50%) und eine weitere aus großen Wassertiefen des Nordatlantiks beschrieben worden. Es handelt sich hier also um eine Mischfauna aus arktischen, borealen und warmgemäßigten Elementen, deren Arten als euryhalin 1. Grades im Sinne von REMANE aufzufassen sind.

3. Zusammen mit der marinen Fauna kommen in der Beltsee einige Arten bzw. Unterarten vor, deren Verbreitungsgebiet sich bis in das „kalte Brackwasser“ der Becken erstreckt. Da keine dieser Arten im Nordseewatt gefunden, dagegen sämtliche aus arktischen Gebieten oder großen Wassertiefen des Atlantiks bekannt wurden, ist Adaption an niedrige Temperaturen wahrscheinlich. Diese Gruppe wird daher als **arktisch-boreale Brackwasserfauna** bezeichnet. Nur eine Unterart dieser Gruppe (*Cr. excavatum clavatum*) besiedelt auch die tiefsten Gebiete der untersuchten Becken. Die in Abb. 27 wiedergegebenen Salzgehalte und Temperaturen der Beckenwässer beziehen sich also streng genommen nur auf diese Unterart. Die übrigen Arten siedeln in den Randgebieten der Becken und damit im Bereich häufig wechselnder Zwischenwassermassen, deren Salzgehalte und Temperaturen noch unter denen der Beckenwässer liegen. In Abb. 27 ist das Fehlen dieser Arten in den eigentlichen Becken durch unterbrochene Verbreitungsbalken angedeutet. Es muß angenommen werden, daß der niedrige Sauerstoffgehalt der Beckenwässer die Ursache dieser Verteilung ist. — Während in den Stagnationsperioden vermutlich keine Foraminiferen in den Becken leben können, scheinen bei Erneuerung des Beckenwassers durch Einstrom genügend planktonische Jugendstadien eingedröft zu werden, um eine schnelle Neubesiedlung der Beckenböden zu ermöglichen (Anstieg der Besiedlungswerte im Zeitraum 1962/1964!). — Die Arten dieser Fauna können als euryhalin 2. Grades aufgefaßt werden.

Die von REMANE (1955, 1958) als Brackwasser-Submergenz beschriebene Verlagerung der Vertikalverbreitung vieler Organismen kann auch für mehrere Foraminiferen-Arten nachgewiesen werden. Als Beispiel einer „totalen Submergenz“ kann besonders die Verbreitung von *Cribronion excavatum clavatum* angesehen werden, die sowohl die obere als auch die untere Grenze ihres Vorkommens in die Tiefe verlagert. Es wurde bereits in den vorigen Kapiteln gezeigt, daß die Unterart damit gewissermaßen dem einströmenden Tiefenwasser folgt. Die Ansicht REMANE's, daß dieser Submergenztyp durch die thermohaline Wasserschichtung verursacht wird, bestätigt sich hier. Anders liegen die Verhältnisse bei der Brackwasserart *Miliammina fusca*, die als Beispiel basaler Submergenz dienen kann. Nach REMANE ist die so bezeichnete Tiefenverlagerung der Untergrenze bei der *Macoma baltica*-Coenose auf das Fehlen der weniger euryhalinen Konkurrenzarten zurückzuführen. Da aber *M. fusca* auch im Nordseelitoral auf brackisch beeinflusste Gebiete beschränkt ist und ihre Tiefenverbreitung in der Ostsee gut mit der Maximalmächtigkeit der Oberflächenwasserschicht übereinstimmt, dürfte hier die vertikale Ausdehnung niedriger Salzgehalte die Verbreitung direkt regulieren.

Es muß vermutet werden, daß auch andere Foraminiferen-Arten der Nordseewatten Submergenz-Beispiele liefern. Da sich jedoch sämtliche modernen Bearbeitungen von Nordsee-Foraminiferen auf das Litoral beschränken, ist über die Vertikalverbreitung der fraglichen Arten in der Nordsee zu wenig bekannt, um genauere Aussagen zu gestatten.



Wie bei fast allen Tiergruppen nimmt auch bei den Foraminiferen die Artenzahl mit zunehmender Verbrackung ab. Trägt man die aus Abb. 27 ablesbaren Artenzahlen gegen Salzgehaltswerte auf, dann erhält man eine gleichmäßig ansteigende Linie, die weitgehend der von REMANE aufgestellten Kurve entspricht (vgl. Abb. 28).

REMANE (1958, S. 23) weist darauf hin, daß dabei nur Gebiete mit ähnlichen Wassertemperaturen berücksichtigt werden dürfen. Würde man im vorliegenden Falle die Artenzahlen des sommerlich wärmeren Oberflächenwassers in die Darstellung einbeziehen, so ergäbe sich im Bereich niedriger Salzgehalte ein zweites Ansteigen der Kurve. Zeichnet man dagegen eine getrennte Kurve ausschließlich für das ostwärts salzärmer werdende Oberflächenwasser, so erhält man einen analogen Kurvenverlauf.

Salzgehalt und Temperatur sind also ökologisch gesehen als System aufzufassen und können nicht getrennt betrachtet werden. So erlauben höhere Wassertemperaturen des Oberflächenwassers die Besiedlung der Beltseeuntiefen durch marin-euryhaline Nordseearten, während denselben Arten das wesentlich salzreichere Tiefenwasser infolge seiner niedrigen Temperatur (max. 12°C) verspermt ist. Andererseits können die arktisch-borealen Arten, die in den kalten Ostseebecken Salzgehalte bis zu 10‰ und darunter tolerieren, nur selten in das wärmere Oberflächenwasser vordringen. — Die Populations-Schwankungen der Beltsee lassen darüber hinaus die Vermutung zu, daß weder Durchschnittswerte noch Maxima und Minima von Temperatur und Salzgehalt allein verbreitungsregulierend sind. Vielmehr scheint entscheidend zu sein, ob während einer bestimmten Anzahl von Tagen oder Wochen die für den Reproduktions-Prozeß erforderlichen Mindestanforderungen erfüllt werden. Die Experimente BRADSHAW's haben gezeigt, daß für Nahrungsaufnahme und Wachstum geringere Ansprüche gestellt werden und daß auch extreme Bedingungen ohne Verlust der Fortpflanzungsfähigkeit überdauert werden können. In einem Gebiet mit häufig wechselnden Bedingungen muß daher mit dem Zusammenleben von Arten ganz verschiedener Ansprüche gerechnet werden. In der Beltsee scheinen *Ammonia beccarii* (zusammen mit arktischen Arten!) und *Cribronion cf. alvarezanum* (zusammen mit *Miliammina fusca*!) Beispiele dafür zu bieten.

Es wurde bereits durch REMANE (1958) darauf aufmerksam gemacht, daß in Brackmeeren vielfach physiologische Rassen mit abweichender Salzgehaltstoleranz entstehen, so daß die Beurteilung der Ansprüche einer Gesamtart außerordentlich schwierig ist. Auch in der geologisch jungen Ostsee dürfte mit solchen Differenzierungen bei Foraminiferen-Arten gerechnet werden müssen. Dadurch wird die Deutung großräumiger Populations-Veränderungen erschwert: es läßt sich zur Zeit nicht entscheiden, ob die auffällige Zunahme von *Ammonium cassis* und *Reophax aduncus* in der Beltsee eine Folge solcher Anpassungsvorgänge ist, oder ob sie mit der von SEGERSTRÅLE (1957, S. 757) beschriebenen allgemeinen klimabedingten Zunahme des Salzgehaltes zusammenhängt.

Ähnlich wie die Zahl der Arten nimmt auch die Besiedlungsdichte der benthonischen Foraminiferen mit sinkendem Salzgehalt ab. Während in der Beltsee im nahrungsreichen Schwankungsbereich der Sprungschichten noch Spitzenwerte um 300/10 cm<sup>3</sup><sup>1)</sup> erreicht werden, kann in den Randgebieten der Becken kaum mit 5 bis 10/10 cm<sup>3</sup> gerechnet werden. Bedingt durch Sauerstoffmangel werden in den Zentren der Becken noch niedrigere Werte (0 bis 0,1/10 cm<sup>3</sup>) angetroffen. Demgegenüber siedeln in den Bereichen des ja viel salzärmeren Oberflächenwassers häufig bis zu 30 Foraminiferen auf 10 cm<sup>3</sup>. Allein aus Häufigkeiten kann also genau

<sup>1)</sup> Kubikzentimeter gleich Quadratzenimeter, vgl. S. 78!

so wenig wie aus der Artenzahl auf Salzgehalte geschlossen werden. — Verschiedene Beobachtungen deuten ferner darauf hin, daß die Besiedlung fleckenhafte ist.

In der Literatur wird häufig verallgemeinert, daß mit sinkendem Salzgehalt der Prozentsatz der Sandschaler zunimmt. Ihr Vorherrschen im Tiefenwasser-Bereich der Beltsee (Abb. 16) scheint diese Vorstellung zu bestätigen. Ein Vergleich mit Abb. 27 zeigt jedoch, daß gerade in diesem Gebiet die günstigsten Salzgehalts-Verhältnisse der gesamten Ostsee vorliegen und daß die häufigsten Sandschaler-Arten (*Eggerella scabra*, *Reophax aduncus*) sogar auf dieses salzreiche Gebiet beschränkt sind. Andererseits überwiegen sowohl im salzarmen Oberflächenwasser der Beltsee (Verh. 5 : 2!) als auch in den östlichen Becken (Verh. 2 : 1) die Kalkschaler-Arten. Die Verhältnisse sind also komplizierter als durch die vielzitierte „Sandschalerregel“ ausgedrückt wird.

#### 9. Rückschlüsse auf Sedimentation und Geschichte der Ostsee

In der Literatur wird vielfach von der Foraminiferen-Führung auf Strömungsbedingungen und andere Faktoren bei der Ablagerung der Sedimente geschlossen. Solche Folgerungen haben aber nur dann Sinn, wenn sie aus dem Sediment selbst nicht ableitbar sind. Da sich Foraminiferen-Gehäuse wie Sedimentkörner verhalten, sollte man erwarten, daß solche Fälle selten sind. Die folgenden Beispiele bestätigen offenbar diese Erwartung.

Aus der Konstanz der *Cribronion*-Maxima im Fehmarn Belt (Abb. 16) kann zum Beispiel darauf geschlossen werden, daß dort Partikel mit größerem Durchmesser als 0,1 mm (Äquivalent-Durchmesser von *Cribronion* nach HAAKE 1962) in den letzten Jahren nicht mehr flächenhaft umgelagert wurden. Die Maxima der Totfauna (leere Gehäuse) müßten sonst gewissermaßen „eingeebnet“ sein. Da die Sedimente jedoch noch einen ziemlich hohen Anteil feinerer Korngrößen besitzen, ist eine häufige Umlagerung ohnehin unwahrscheinlich. Die im Fehmarn Belt festgestellten hohen Strömungsgeschwindigkeiten sind offenbar auf die Ausläufer der Rinnensysteme beschränkt und wirken dementsprechend eher linear als flächenhaft.

Umgekehrt liegen die Verhältnisse auf den Untiefen der Kieler Bucht, die als Erosionsgebiete bekannt sind (JARKE 1948). In Kapitel C 4 konnte gezeigt werden, daß während des Winters 1963/64 auf dem Gabelsflach mehrere Faunenelemente der Totfauna fast restlos ausgewaschen wurden. Aber auch hier kann derselbe Befund aus dem Sediment abgeleitet werden: die im Herbst noch etwa 40% ausmachenden feineren Korngrößen (kleiner als 0,1 mm) sind gleichfalls bis zum Frühjahr weitgehend weggeführt worden!

Diese periodische Verfrachtung feineren Materials führt natürlich zu einem Defizit an leeren Foraminiferen-Gehäusen. Daher vergrößert sich der Anteil der Lebendfauna auf den Untiefen und Schwellen in fast allen hier bearbeiteten Profilschnitten (Abb. 13—26). Abb. 21 zeigt das gleiche für den durch Strömung freigelegten Bänderton im Bornholmstgatt. Ein deutlich höherer Anteil lebender Foraminiferen spricht demnach in der Ostsee für zeitweise Erosion. Da in solchen Gebieten vorwiegend grobes Material liegen bleibt, ergibt sich scheinbar ein Zunehmen der leeren Gehäuse mit sinkender Korngröße. Abb. 29 zeigt jedoch, daß vereinzelt auch gröbere Sande hohe Anteile leerer Gehäuse enthalten können. Vermutlich handelt es sich dabei um „alte“ Sande, die seit längerem nicht mehr ausgewaschen werden.

Nach WALTON (1955) kann das Verhältnis Lebendfauna zu Totfauna<sup>1)</sup> im Gebiet der Todos Santos Bay (Mexiko) als Maß für die Sedimentationsgeschwindigkeit gelten. In Bereichen höherer Sedimentzufuhr wird die Totfauna gewissermaßen „verdünnt“ und das Verhältnis verschiebt sich zu Gunsten der Lebendfauna. Neben dieser Verdünnung soll das Verhältnis nur noch durch unterschiedliche Produktion leerer Gehäuse und unvollständige Erhaltung (Auflösung) beeinflusst werden. Nach den Ostsee-Befunden kann jedoch ein ähnlicher Verdünnungseffekt auch durch selektive Wegführung feineren Materials erreicht werden. Aus dem lebend/tot-Verhältnis allein kann also genauso wenig auf Sedimentationsraten geschlossen werden wie allein aus den Korngrößen der Sedimente. Eine Verallgemeinerung der WALTON'schen Deutungen und ihre kritiklose Übertragung auf andere Gebiete (RESIG 1958, McGLASSON 1959) müssen daher zu Irrtümern führen.

Sedimentkerne aus dem Arkonabecken:

Die in den vorliegenden Ergebnissen deutliche Abhängigkeit der Foraminiferen von der Salzwasserzufuhr (vgl. Abb. 30, 17) sollte es ermöglichen, aus ihren in Sedimentkernen erhaltenen Resten die wechselvolle postpleistozäne Geschichte der Ostsee zu rekonstruieren. Solche Untersuchungen sind in anderen Meeresgebieten bereits mehrfach durchgeführt worden; so konnte FEYLING-HANSEN (1964) erst kürzlich wichtige palökologische und historische Folgerungen aus postpleistozänen Sedimenten des Oslogebietes ziehen. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung aus dem Bornholmbecken und Arkonabecken gewonnenen Kerne enttäuschten in dieser Hinsicht jedoch weitgehend. Obwohl mehrfach die gesamte postpleistozäne Sedimentfolge durchteuft werden konnte, wurden in keinem Kern kalkschalige Foraminiferen in nennenswerter Zahl gefunden. Man muß also annehmen, daß die Schalen nach der Einbettung aufgelöst worden sind, wofür nach JARKE (1961) und RESIG (Ms. 1965) hohe Konzentrationen von CO<sub>2</sub> im Porenwasser verantwortlich sind. Wesentlich scheint dabei vor allem der nach ZEITZSCHEL (1964, Diss. Kiel) für Ostsee-Sedimente charakteristische hohe Gehalt an organischem Material (bis 10%) zu sein. — Da auch sandschalige Foraminiferen in mehreren Kernen fehlen und zudem sehr fragile, korrodierte Sandschaler-Gehäuse beobachtet werden können, muß mit teilweiser Auflösung auch dieser Formen gerechnet werden (spätestens beim Schlämmen der Proben dürften viele korrodierte Sandschaler zerstört werden!).

Zwei Kerne aus dem Arkonabecken, die trotzdem noch auffällige Sandschaler-Maxima ergaben, wurden näher untersucht. Im zentralen Beckenteil in 8 km Abstand entnommen (St. 23 und 334, s. Abb. 2), trafen sie die Grenze zwischen Ostseesedimenten und pleistozänem Bänderton in 1,80 m bzw. 1,60 m Tiefe unter der Sedimentoberfläche an. Beide Kerne ergaben die in Abb. 31 dargestellte Häufigkeitsspitze von *Eggerella scabra* etwa zwischen 3 und 20 cm Tiefe unter der Oberfläche. Verschiedene Überlegungen sprechen dafür, daß dieses Maximum nicht nur einen „Auflösungsrest“ sondern einen primären Unterschied in der Foraminiferen-Besiedlung widerspiegelt:

1. Im Bereich der über dem Bänderton folgenden basalen Grobsandlage (5 bis 20 cm mächtig) und noch etwa 30 cm darüber kommen sehr viele Ostrakoden sowie aufgearbeitete Oberkreide-Foraminiferen vor. Das Vorhandensein dieser Kalkschalen macht Auflösung unwahrscheinlich; mindestens in diesem Abschnitt dürfte *E. scabra* primär fehlen.

<sup>1)</sup> WALTON's living/death-ratio (L/D-ratio) bedeutet: Lebendfauna mal 100 / Totfauna. Bei dieser Darstellungsweise ergeben in den Extrembereichen auch unbedeutende Änderungen sehr erhebliche Ausschläge der Kurven. Die prozentuale Darstellung wird daher vorgezogen.

2. Vereinzelt werden karbonatische Oberkreidereste im gesamten Kern gefunden. Trotzdem treten sie in der *E. scabra*-Spitze keineswegs verstärkt in Erscheinung, wie man bei geringerer Auflösungstendenz in diesem Bereich erwarten sollte. Die Schlämmrückstände bieten dort vielmehr dasselbe Bild wie im Liegenden.
3. Eine andere Sandschaler-Art, *Pilulina* sp., tritt auch in Proben auf, die keine *Eggerella* enthalten. Auch diese Schalen müßten zerstört sein, wenn das Fehlen von *Eggerella* ausschließlich auf Auflösung zurückzuführen wäre.
4. Verstärkte *Eggerella*-Führung beginnt bei 0,70 m zusammen mit einer Vergrößerung der Korngrößen und einem Zurücktreten der Pyritführung, d. h. in einem Bereich, in dem Sediment-Kriterien für veränderte Lebensbedingungen bei der Ablagerung sprechen (Abb. 31, linke Spalte).
5. Auch im Oberflächensediment (ca. 3 cm) befinden sich ähnlich wenig Eggerellen wie im tieferen Kernteil, obwohl andere Arten dort reichlich vorhanden sind. Die Lebensbedingungen für *E. scabra* sind also heute ungünstiger; es ist zu erwarten, daß sie das auch früher gewesen sein können.

Man kann also zunächst annehmen, daß die Foraminiferen-Gehäuse in diesen Kernen zwar weitgehend zerstört wurden, daß aber ein besonders ausgeprägtes Sandschaler-Maximum erhalten geblieben ist. Die offenbar synchrone Vergrößerung des Sediments deutet an, daß die Ursache in einer einschneidenden Veränderung in den Umweltbedingungen zu suchen ist. Nach den bisherigen Befunden handelt es sich bei *E. scabra* aber um eine Art der „marinen Fauna“. Eine Zunahme mariner Bedingungen im Arkonabecken setzt verstärkten Einstrom von Salzwasser voraus. Da die damit verbundene bessere Wassererneuerung auch die Ausscheidung von Sulfiden vermindern dürfte, steht diese Deutung mit dem beobachteten Zurückgehen der Pyritführung in Einklang. Man kann also weiter annehmen, daß im Arkonabecken während eines längeren Zeitraums stärker marine Bedingungen herrschten, als wir sie heute vorfinden. Wie lange diese Zeit zurückliegt, ist noch ungewiß. Da sich über dem Eggerellen-Maximum bereits wieder 3 bis 4 cm Sediment abgelagert haben, könnte es sich um mehrere Jahrhunderte handeln. Es wäre denkbar, daß sich nach detaillierteren Untersuchungen eine Beziehung zu den aus mittelalterlichen Fischerei-Berichten ableitbaren Zeiten stärkeren Einstroms herstellen ließe (vgl. auch BAKKER 1958, größere Westwindhäufigkeiten im Mittelalter). — Dr. AVERDIEK, Kiel, untersucht zur Zeit eine Serie von Kernproben, um etwaige Datierungs-Möglichkeiten mit Pollen festzustellen.

Bei einem Vergleich mit der Beltsee fällt auf, daß *E. scabra* dort in der Totfauna des Oberflächensediments ähnlich hohe absolute Häufigkeiten erreicht, wie im Bereich des Maximums im Arkonabecken. Zwar wurden in der Beltsee auch lebende Exemplare gefunden, doch steht ihre Zahl in keinem Verhältnis zu den massenhaft auftretenden leeren Gehäusen. Bereits RHUMBLER (1936) folgerte daher aus ähnlichen Beobachtungen, daß es sich um subfossile Reste einer früher dichteren Besiedlung handeln muß. Es liegt nahe, diese auf dieselben Abweichungen der Umweltbedingungen zurückzuführen wie das Eggerellen-Maximum im Arkonabecken, d. h. auf eine Zeit mit häufigeren und verstärkten Salzwasser-Einbrüchen. Der Unterschied zum Arkonabecken bestünde also darin, daß dort die Eggerellen infolge geringerer Bodendurchwühlung bereits zugedeckt sind, während sie in der Beltsee stärker in das Oberflächensediment hineingewühlt werden. Außerdem ist anzunehmen, daß die für *Eggerella* günstigere Zeit in der Beltsee länger anhielt (unmittelbares Einstromgebiet). Die während dieser Zeit sicher ebenfalls stärker vorgedrungenen marinen Kalkschaler (besonders *Bulimina marginata*, die noch heute weit in den Großen Belt vordringt) dürften im Gegensatz zu *E. scabra* weitgehend auf-

gelöst worden sein. Bei Kalkschaler-Arten mit robusterer Tektin-Innenhaut kann die ehemals ausgedehntere Verbreitung noch heute aus dem Vorkommen dieser Häute rekonstruiert werden, wie RESIG (1965, Ms.) am Beispiel von *Ammonia beccarii* zeigen konnte.

#### 10. Palökologische Folgerungen

Ein ins Einzelne gehender Vergleich der Ostsee-Verhältnisse mit bestimmten känozoischen oder mesozoischen Ablagerungen ist noch nicht möglich. Die gleichlaufend mit den vorliegenden Untersuchungen durchgeführten ökologischen Studien an Unterkreide-Foraminiferen werden daher an anderer Stelle veröffentlicht. Hier soll lediglich an einem Beispiel gezeigt werden, daß in fossilen Sedimenten ähnliche Faunenschwankungen erhalten sein können, wie sie in rezenten Meeren auftreten.

Um Schwankungen in der Foraminiferen-Führung statistisch ermitteln zu können, ist eine wesentlich dichtere Probenentnahme notwendig, als sie bisher bei paläontologischen Untersuchungen üblich war. Die auf Abb. 32 wiedergegebene Probendichte von 42 Proben auf 4 Profilmeter stellt etwa das Minimum dar. Anzustreben ist eine möglichst lückenlose Entnahme von 3 cm-Proben. — Die bisher von mir ausgewerteten 5 Feinproben-Profile zeigen übereinstimmend, daß selbst in völlig eintönig wirkenden Tonmergelserien überraschende Faunenschwankungen sichtbar werden. Nicht alle dieser Schwankungen sind auf selektive Auflösung von Schalen bei der Diagenese zurückzuführen. Andererseits sind sie häufig von gleichlaufenden Änderungen von Pyritgehalt, Kalkgehalt oder anderen geologischen Kriterien begleitet. Bodendurchwühlung und Diagenese zerstören demnach die in der Biofazies niedergelegten Dokumente ökologischer Schwankungen oft nur unvollständig. Dadurch bleibt Hoffnung auf zukünftige, über das heutige Maß hinausgehende Deutungsmöglichkeiten.

Auf Abb. 32 ist im mittleren Bildteil eine ähnliche Prozentdarstellung wie in der vorliegenden Ostseearbeit gegeben. Kalkschaler und Sandschaler (Punktsignatur) sind getrennt dargestellt. Auch in diesem Profil „ragen“ einige Kalkschaler-Spitzen in die durchgehend hohe Prozentanteile erreichenden Sandschaler „hinein“. Verschiedene Beobachtungen sprechen dafür, daß dieses an die heutige Artenverteilung in der Beltsee erinnernde Bild (vgl. Abb. 161) primär ist: 1) Das auffällige *Conorotalites*-Maximum wird weder von Maxima anderer Kalkschaler noch einem Maximum der Gesamt-Foraminiferenzahl begleitet. Es käme also hier allenfalls selektive Auflösung in Betracht, die aber bei Kalkschalern bisher nur bei aragonitischen Gruppen bekannt ist. 2) Sandschaler-Arten gehen im Bereich des Maximums auch in der absoluten Häufigkeit zurück. 3) Die *Conorotalites*-Gehäuse des Maximums unterscheiden sich außerdem auch morphologisch von denen aus anderen Profil-Abschnitten.

Man kann also als Arbeitshypothese annehmen, daß *Conorotalites bartensteini* in einem Zeitabschnitt mit vorübergehend stärkerer Karbonatausfällung und entsprechend höherer Wassertemperatur bessere Lebensbedingungen fand. Es ist auffällig, daß die in dieser Zeit entstandene Schicht gerade in einem Profilbereich liegt, in dem die höchsten Foraminiferenzahlen auftreten und die Blätterschieferlagen am weitesten auseinandertreten. Da die Blätterschiefer (mangelnde Entschichtung, Pyritgehalt, bituminöser Geruch) als Ablagerungen schlecht durchlüfteten bis stagnierenden Wassers angesehen werden müssen, kann man auch so formulieren: sowohl die reichste Entfaltung der Foraminiferen als auch das mit dem Höhepunkt der Kalkfällung verbundene *Conorotalites*-Maximum fallen in einen Abschnitt, in dem spezielle Beckenbedingungen am längsten und nachhaltigsten aufgehoben waren. Man ist versucht, hier eine Parallele zu den einstrombedingten Unterbrechungen in den Stagnationsperioden der Ostseebecken zu sehen.

Palökologische Folgerungen aus mesozoischen Foraminiferen-Faunen dürften auch in Zukunft nur in der hier angedeuteten Weise möglich sein, d. h. in einer Ver

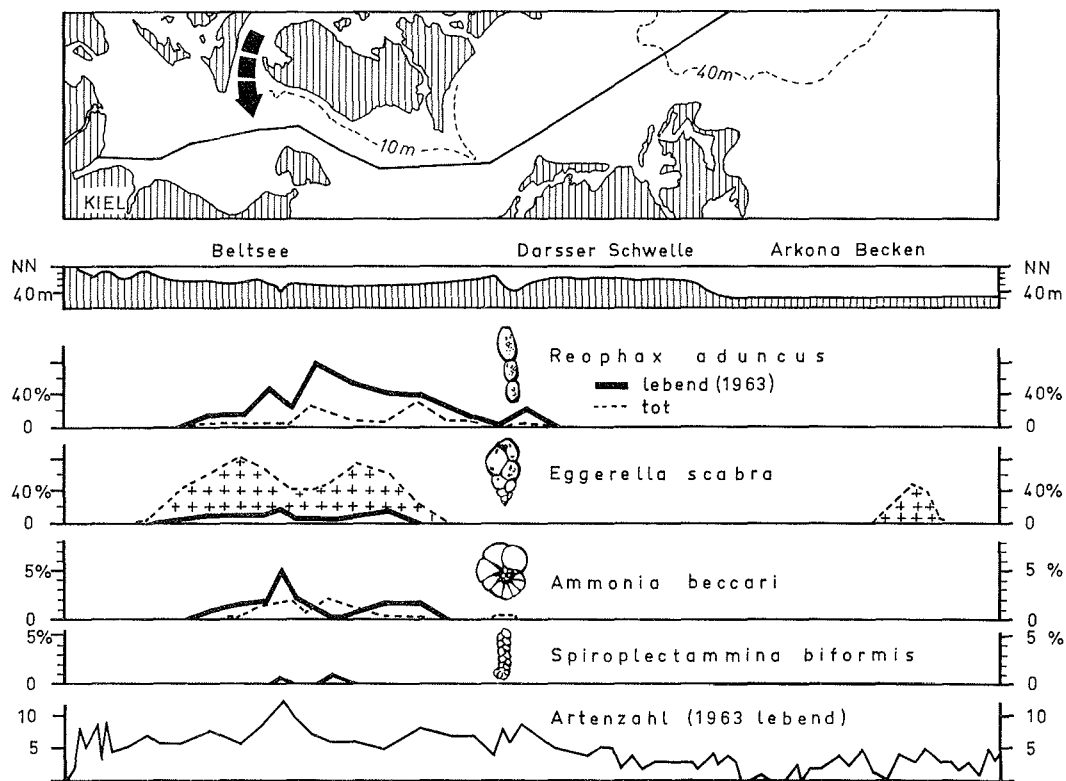


Abb. 30: Mehrere Foraminiferen-Arten zeigen Maxima im Einstromgebiet südlich des Großen Beltes (Pfeil!) und fehlen östlich der Darsser Schwellen.

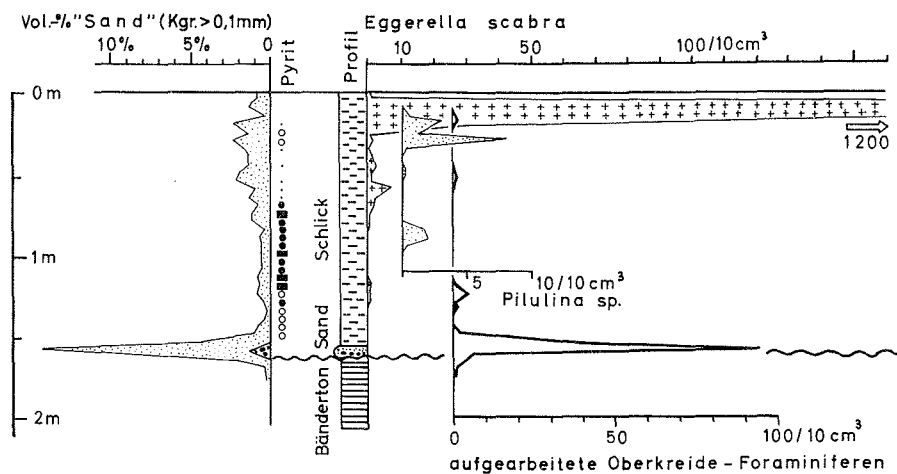


Abb. 31: Kern (St. 334) aus den rezenten Sedimenten des Arkonabeckens. — *Eggerella scabra* (Kreuzsignatur, vergl. Abb. 30!) bildet ein Häufigkeits-Maximum dicht unter der Sediment-Oberfläche.

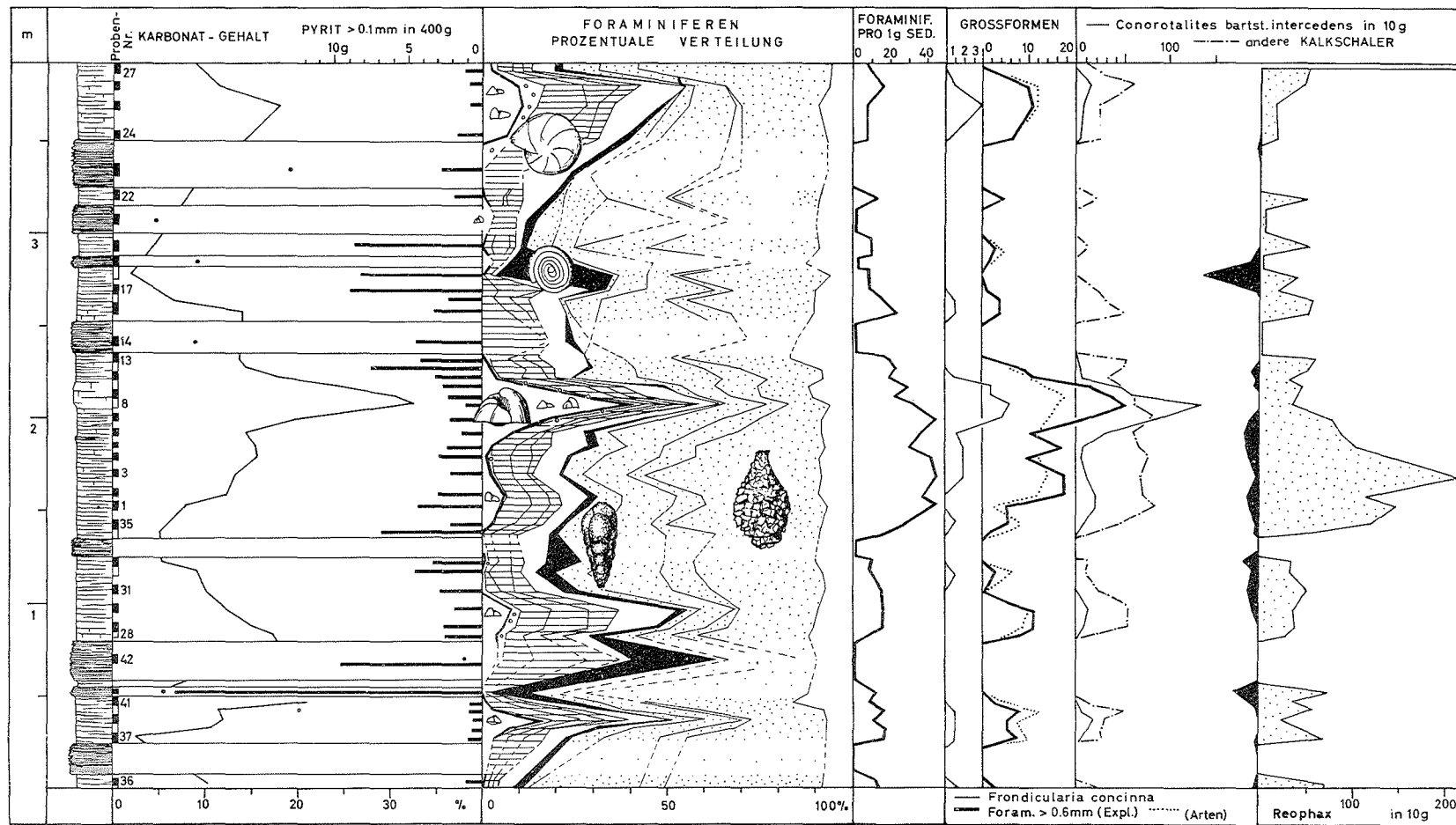


Abb. 32: Feinproben-Profil im Mittel-Barrême von Hannover.

knüpfung möglichst vieler lithologischer und paläontologischer Daten. Aus dem Vorkommen bestimmter Arten oder Gattungen, deren Ansprüche vom Rezenten her bekannt sind, lassen sich dagegen allenfalls im Jungtertiär Schlüsse ziehen. Auch Foraminiferen bieten daher für die Palökologie keinen „Stein der Weisen“, doch bietet ihr reiches Vorkommen in vielen Sedimenten vor allem bessere Möglichkeiten, durch statistische Analysen den Modus einer ökologischen Änderung zu erkennen (gleitende, plötzliche oder rhythmisch auspendelnde Änderung).

Rückschlüsse auf den Salzgehalt:

Ein Blick in die Literatur zeigt deutlich, daß Wassertiefe und Temperatur bei der Interpretation fossiler Faunen meistens mit Zurückhaltung betrachtet werden. Größeren Optimismus findet man dagegen bei der Beurteilung der Salzgehalte, die bei der Ablagerung der betreffenden Sedimente geherrscht haben sollen. Nach HILTERMANN (1963) sind fossile Brackwasserfaunen (Salzgehalte unter 18‰) an folgenden Kriterien zu erkennen:

1. geringe Artenzahl
2. hohe Individuenzahl
3. mehr Sandschaler-Arten und  
-Gattungen als Kalkschaler

In Kapitel 8 dieser Arbeit konnte gezeigt werden, daß in dem klassischen Brackmeer Ostsee solche Folgerungen nicht zulässig sind. So ist die Artenzahl im kalten Brackwasser der Ostseebecken wesentlich geringer als im warmen Brackwasser (Oberflächenwasser) der Beltsee, obwohl die Salzgehalte ähnliche Durchschnittswerte zeigen. Die Individuenzahlen sind ebenfalls keineswegs „hoch“ und auch aus dem Kalk/Sandschaler-Verhältnis der Ostseesedimente würde man falsche Schlüsse ziehen müssen: es wäre im marinen Bereich der Beltsee mit 2 : 5 (Gattungen) und 4 : 6 (Arten) wesentlich „brackischer“ als im salzärmeren Oberflächenwasser (2 : 2 bei Gattungen, 5 : 2 bei Arten) oder im kalten Brackwasser der Becken.

Man kann also zusammenfassen, daß der Temperaturfaktor bzw. die Möglichkeit thermohaliner Wasserschichtung bei palökologischen Salzgehalts-Interpretationen bisher noch nicht genügend berücksichtigt worden ist. Da Temperaturunterschiede dieser Art in der Erdgeschichte (auch in Zeiten fehlender Polvereisung) sicher keine Seltenheit dargestellt haben, sollten künftige Bearbeitungen fossiler Brackwassersedimente auf viel breiterer Basis erfolgen und nach Möglichkeit die Bestimmung von Paläotemperaturen einschließen.

#### D. Zusammenstellung der Ergebnisse

1. Die taxonomische Überprüfung der Ostsee-Foraminiferen machte in vielen Fällen die Verwendung anderer Art- und Gattungsnamen als bisher erforderlich. Darüber hinaus konnten die folgenden fünf Arten erstmalig aus der Ostsee beschrieben werden:

*Cribronion cf. gerthi* (VOORTHUYSEN)  
*Cribronion cf. alvaregianum* (ORBIGNY)  
*Reophax aduncus* BRADY  
*Laryngosigma hyalascidea* (LOEBLICH & TAPPAN)  
*Asterellina pulchella* (PARKER)

2. Die Verbreitung der Foraminiferen-Arten in der Ostsee hängt nicht vom Sediment (Substrat), sondern weitgehend von der Ausbildung der thermohalinen bzw. halinen Wasserschichtung ab. Salzgehalt und Temperatur sind die wichtigsten Umweltfaktoren.



3. Als Folge von Punkt 2 kann man im großen drei Faunen unterscheiden: a) die „Brackwasserfauna des ausströmenden Oberflächenwassers“ (warmes Brackwasser), b) die „marine Fauna“ des Beltsee-Tiefenwassers und c) die „arktisch-boreale Brackwasserfauna“ der Becken (kaltes Brackwasser). — Während die „Brackwasserfauna des Oberflächenwassers“ nur aus Nordsee-Arten besteht, umfassen die anderen Faunen vorwiegend arktische Arten oder Tiefseeformen.
4. Mehrere Flachwasser-Arten folgen dem in die Ostsee einströmenden Salzwasser in die Tiefe und bilden daher Beispiele für die von REMANE (1955) beschriebene Brackwasser-Submergenz der Organismen.
5. Besiedlungsdichte und Artenzahl nehmen mit sinkendem Salzgehalt nach Osten zu ab, wenn Oberflächenwasser-Schicht und Tiefenwasser getrennt betrachtet werden. Artenzahlen aus Wassermassen mit ähnlichen Temperatur-Schwankungen können nach Salzgehalten zu „Remanekurven“ angeordnet werden.
6. Die östlichen Becken (Gotlandbecken, Landsorttief) werden nach Abschluß der lebensfeindlichen Stagnationsperioden bei erneut erfolgreichem Einstrom relativ schnell neu besiedelt. Von 1962 bis 1964 war ein Anstieg der Besiedlungsdichte festzustellen.
7. Durch den Großen Belt dürften nur planktonische Jugendstadien von Foraminiferen in die Beltsee gelangen. Adulte Exemplare sowie leere Gehäuse werden kaum eingedriften, da typische Beltarten fehlen.
8. Unterhalb der 14 m-Linie stimmen in der Beltsee die Maxima der Totfauna mit denen der Lebendfauna noch gut überein. Die den Foraminiferen auftriebsmäßig entsprechenden Korngrößen ab 0,1 mm dürften daher während der letzten Jahre kaum in nennenswertem Maße umgelagert und verfrachtet sein, da sonst die Gipfel nivelliert sein müßten.
9. Auf Untiefen und Schwellen werden in Zeiten verstärkter Wasserbewegung die leeren Foraminiferen-Gehäuse weitgehend ausgewaschen. Diese Erosionsgebiete weisen deshalb ein hohes lebend/tot-Verhältnis auf. Letzteres kann also keineswegs generell hohe Sedimentations-Geschwindigkeiten anzeigen, wie in der amerikanischen Literatur vielfach angenommen wird.
10. Auch Küstenwandersande der Kieler Bucht wurden — zumindest zeitweilig — von Foraminiferen besiedelt.
11. Variationsstatistische Untersuchungen ergaben bei zwei Arten ökotypische Abweichungen der Gehäusemorphologie. *Reophax dentaliniformis* zeigt in der Beltsee und im Arkonabecken hohe, schlanke Kammern und in den östlichen Becken niedrige Kammern. Die östliche Form geht mit dem kalten Zwischenwasser weit nach Westen und siedelt daher im Arkonabecken über der westlichen Form. — Bei *Cribronion excavatum* kann man eine flache Form des Oberflächenwassers und eine dicke Form des Tiefenwassers unterscheiden. Da die dicke Form eine weitverbreitete, benannte Kaltwasserform darstellt, werden beide hier als Unterarten aufgefaßt. Ebenso wie bei der *Reophax*-Art war jedoch nicht einwandfrei zu klären, ob genotypische oder nur phänotypische Variation vorliegt.
12. Aus der Totfauna der Beltsee läßt sich für zurückliegende Zeiten (Mittelalter?) ein stärkerer mariner Einfluß ableiten (höhere Einstromhäufigkeit und -intensität). Eine ähnliche Tendenz in den obersten Lagen von zwei Sedimentkernen aus dem Arkonabecken kann auf die gleiche Ursache zurückgeführt werden.

13. In der Zusammensetzung der Beltsee-Fauna treten von einem Jahr zum anderen Schwankungen auf, die auf die wechselhaften hydrographischen Verhältnisse und das unterschiedliche Zusammentreffen von Temperatur- und Salzgehaltsmaxima zurückzuführen sind. Dabei ist für die Foraminiferen wesentlich, daß während einer bestimmten Anzahl von Tagen die Mindestanforderungen erfüllt sind. Dazwischen liegende ungünstigere Perioden können offenbar überdauert werden. — Langfristige Änderungen der Beltsee-Fauna sind in der starken Zunahme von *Ammotium cassis* und *Reophax aduncus* während der letzten 30 Jahre zu sehen. Als Ursache kommen sowohl Anpassung (Rassenbildung) als auch die vielfach angenommene Zunahme der Salinität in Betracht.
14. Der Gegensatz zwischen der artenreichen Fauna des „warmen Brackwassers“ und der artenarmen des „kalten Brackwassers“ weist ebenso wie das Sand-schaler/Kalkschaler-Verhältnis darauf hin, daß eine Interpretation fossiler Brackwasserfaunen nur unter Berücksichtigung der Temperatur sinnvoll ist. Fossile Ostsee-Faunen würden nach den herrkömmlichen paläontologischen Vorstellungen wahrscheinlich falsch gedeutet werden.

## E. Schriftenverzeichnis

### 1. Taxonomischer Teil

- ANDERSON, G.: Distribution patterns of recent foraminifera of the Bering Sea. — *Micropaleontology*, 9: 305—317, 12 Abb., 1 Taf., New York 1963.
- BANDY, O. L.: The geologic significance of coiling ratios in the foraminifer *Globigerina pachyderma* (EHRENBERG). — *J. Paleontol.*, 34: 671—681, 7 Abb., Tulsa/Okl. 1960.
- BRADSHAW, J. S.: Laboratory studies on the rate of growth of the foraminifer "*Streblus beccarii* (LINNÉ) var. *tepida* (CUSHMAN)". — *J. Paleontol.*, 31: 1138—1147, 5 Abb., Tulsa/Okl. 1957.
- BRADY, H. B.: An analysis and descriptions of the foraminifera. — In BRADY & ROBERTSON, The ostracodes and foraminifera of tidal rivers. — *Ann. Mag. natur. Hist.*, Ser. 4, 6, London 1870.
- BRADY, H. B.: Notes on some of the reticularian Rhizopoda of the "Challenger" Expedition. — *Quart. J. microsc. Sci.*, N.F., 19: 20—63, 261—299, Taf. 3—5, London 1879.
- BRADY, H. B.: Notes on some of the reticularian Rhizopoda of the "Challenger" Expedition. — III. Classification, further notes on new species, note on *Biloculina* mud. — *Quart. J. microsc. Sci.*, N.S., 21: 31—71, London 1881.
- BRADY, H. B.: Report on the foraminifera. — In: TIZARD & MURRAY, J., Exploration of the Farøe Channel during the summer of 1880, in Her Majesty's hired ship "Knight Errant". — *Roy. Soc. Edinburgh, Proc.*, 11: Nr. 111, 708—717, Edinburgh 1882.
- BRADY, H. B.: Report on the foraminifera dredged by H.M.S. "Challenger" during the years 1873-1876. — *Rep. Voy. Challenger, Zool.*, 9: 1—814, Taf. 1—115, Edinburgh 1884.
- CUSHMAN, J. A.: The foraminifera of the Atlantic Ocean. — *Bull. U.S. nat. Mus.*, 104, Tl. 1—8: 1—1064, 200 Taf., Washington 1918—1931.
- CUSHMAN, J. A.: Recent belgian foraminifera. — *Inst. Sci. Natur. Belgique, Mém.*, 111: 1—59, Taf. 1—10, Brüssel 1949.
- CUSHMAN, J. A. & GRANT, U.: Late Tertiary and Quarternary Elphidium of the west coast of North America. — *San Diego Soc. natur. Hist., Trans.*, 5, San Diego 1927.
- EARLAND, A.: Foraminifera. Part II. South Georgia. — *Discovery Reports*, 7: 27—138, 7 Taf., Cambridge 1933.
- FEYLING-HANSEN, R. W.: Foraminifera in Late Quarternary deposits from the Oslofjord area. — *Norg. geol. Undersök.*, 225: 1—383, 44 Abb., 21 Taf., Oslo 1964.
- GOES, A.: A synopsis of the Arctic and Scandinavian recent marine foraminifera hitherto discovered. — *Kgl. Svenska vet. Akad. Hdl.*, 25: Nr. 9, 1—127, 25 Taf., Stockholm 1894.

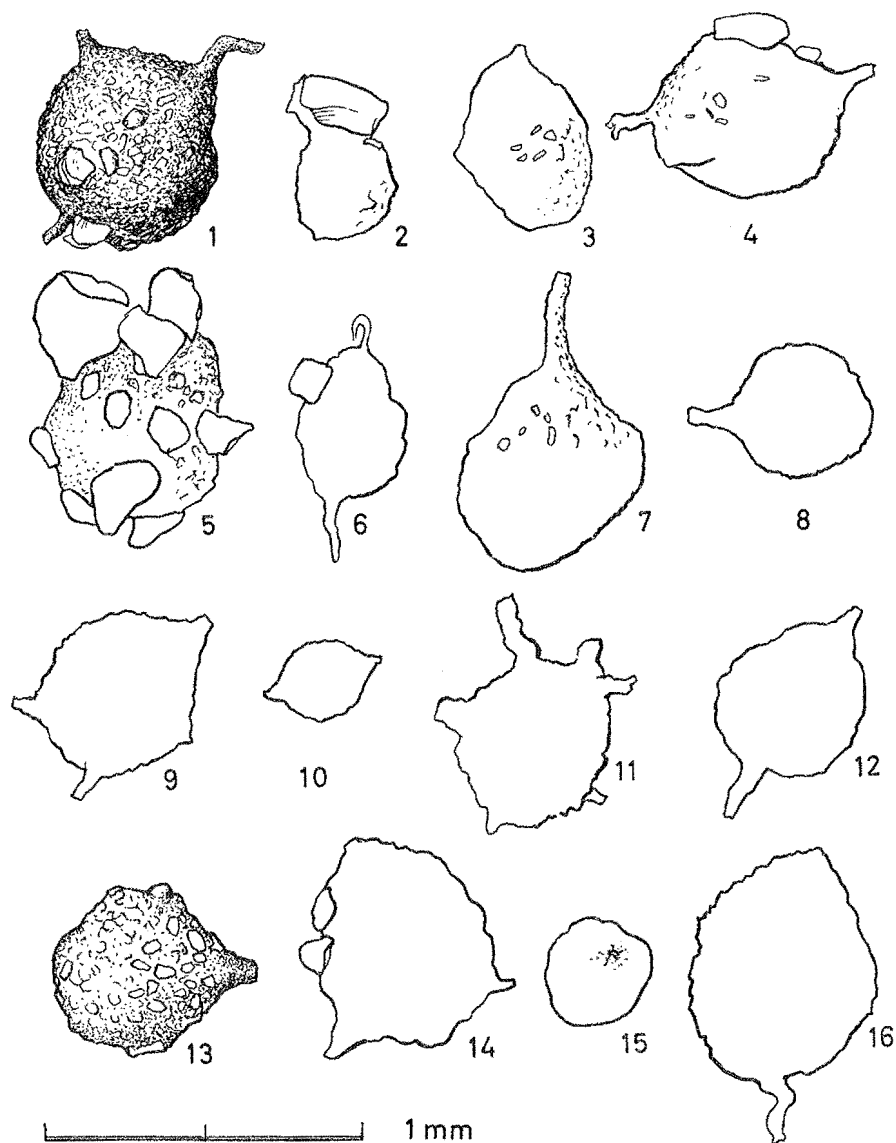
- HAAKE, F. W.: Untersuchungen an der Foraminiferen-Fauna im Wattgebiet zwischen Langeoog und dem Festland. — *Meyniana*, 12: 25—64, 9 Abb., 3 Tab., 6 Taf., Kiel 1962.
- HERON-ALLEN, E. & EARLAND, A.: On the recent and fossil foraminifera of the shore-sands of Selsey Bill, Sussex, Part . — *J. roy. microsc. Soc.*, , London 1909.
- HERON-ALLEN, E. & EARLAND, A.: On the recent and fossil foraminifera of the shoresands of Selsey Bill, Sussex, Part VIII. — *J. roy. microsc. Soc.*, London 1911.
- HERON-ALLEN, E. & EARLAND, A.: The foraminifera of the west of Scotland. — *Trans. Linn. Soc. Zool.*, 11: 197—299, Taf. 39—43, 1916.
- HERON-ALLEN, E. & EARLAND, A.: Foraminifera, Part I. The ice-free area of the Falkland Islands and adjacent seas. — *Discovery Reports*, 4: 291—460, Taf. 6—17, Cambridge 1932.
- HESSLAND, I.: Marine Schalenablagerungen Nord-Bohusläns. — *Bull. geol. Inst. Uppsala*, 31: 1—348, 116 Abb., Taf. 1—4, Uppsala 1946.
- HÖGLUND, H.: Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerak. — *Zool. Bidr. Uppsala*, 26: 1—311, 314 Abb., 7 Tab., 32 Taf., Uppsala 1947.
- HOFKER, J.: Foraminifera dentata. Foraminifera of the Santa Cruz and Thatch-Island Virginia-Archipelago West-Indies. — *Spolia Zool. Mus. Hauniensis*, 15: 1—238, 21 Abb., 35 Taf., Kopenhagen 1956.
- KÖGLER, F. C.: Das Kastenlot. — *Meyniana*, 13: 1—7, 2 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Kiel 1963.
- LINNAEUS, C.: *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis.* — 10. Ausgabe, 1: 1—824, G. Engelmann, Leipzig 1758.
- LOEBLICH, A. R. jr. & TAPPAN, H.: Studies of arctic foraminifera. — *Smithsonian misc. Coll.*, 121 (7): 1—150, 1 Abb., 24 Taf., Washington 1953.
- LOEBLICH, A. R. jr. & TAPPAN, H.: Revision of some recent foraminiferal genera. — *Smithsonian misc. Coll.*, 128: Nr. 5, 1—37, 4 Taf., Washington 1955.
- LOEBLICH, A. R. jr. & TAPPAN, H.: *Protista 2. — Treatise on invertebrate Paleontology*, Part C, 1 u. 2: C 1—C 900, 653 Abb., New York 1964.
- LUTZE, G. F.: Statistical investigations on the variability of *Bolivina argentea* CUSHMAN. — *Contr. Cushman Found. foram. Res.*, 15: 105—116, 9 Abb., Bridgewater/Mass. 1964.
- LUTZE, G. F.: Zum Färben rezenter Foraminiferen. — *Meyniana*, 14: 43—47, 1 Abb., Kiel 1964.
- ORBIGNY, A. d': Voyage dans l'Amérique Meridionale; Foraminifères. — *P. Bertrand*, 5, Tl. 5: 1—86, Taf. 1—9, Strasbourg 1839.
- PARKER, F. L.: Foraminifera species off Portsmouth New Hampshire. — *Bull. Mus. Comp. Zool.*, Harvard College, 106: 391—423, Taf. 1—6, Cambridge/Mass. 1952.
- PARKER in DAWSON, G. M.: On foraminifera from the Gulf and River St. Lawrence. — *Canad. Naturalist, N.S.*, 5: 172—180, 1 Tab., 1 Taf., Montreal 1870.
- PARKER, W. K. & JONES, T. R.: On some foraminifera from the North Atlantic and Arctic Oceans, including Davis Straits and Baffin's Bay. — *Philos. Trans. roy. Soc.*, 155: London 1865.
- PHLEGER, F. B.: Ecology and distribution of recent foraminifera. — John Hopkins Press: 1—297, 80 Abb., 11 Taf., Baltimore 1960.
- REMANE, A.: Verteilung und Organisation der benthonischen Mikrofauna der Kieler Bucht. — *Wiss. Meeresuntersuch.*, Kiel 1933.
- REMANE, A.: Die Brackwasserfauna. — *Verh. dt. zool. Ges.*, 36: 34—74, 1934.
- REMANE, A.: Die Brackwasser-Submergenz und die Umkomposition der Coenosen in Belt- und Ostsee. — *Kieler Meeresforsch.*, 11: 59—73, Kiel 1955.
- REMANE, A. & SCHLIEFER, C.: Die Biologie des Brackwassers. — 139 Abb., 43 Tab., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1958.
- RHUMBLER, L.: Amoebozoa et Reticulosa (Foraminifera). — In GRIMPE, G. & WAGLER, E.: Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. — *Akad. Verlagsges.*, Leipzig 1928.
- RHUMBLER, L.: Rhizopoden der Kieler Bucht, gesammelt durch A. REMANE, I. Teil. — *Schr. naturw. Ver. Schlesw.-Holst.*, 21: 143—194, 1 Abb., 9 Taf., Kiel 1935.
- RHUMBLER, L.: Foraminiferen der Kieler Bucht, gesammelt durch A. REMANE, II. Teil. — *Kieler Meeresforsch.*, 1: 179—242, Abb. 127—246, Kiel 1936.
- RHUMBLER, L.: Foraminiferen aus dem Meeressand von Helgoland, gesammelt von A. REMANE (Kiel). — *Kieler Meeresforsch.*, 2: 157—222, Kiel 1938.

- RICHTER, G.: Zur Ökologie der Foraminiferen, I. Die Foraminiferen-Gesellschaft des Jadegebietes. — Natur u. Museum, 94: 343—353, Abb. 7—14, 1 Tab., Frankfurt a. M. 1964.
- RICHTER, G.: Zur Ökologie der Foraminiferen. II. Lebensraum und Lebensweise von *Nonion depressulum*, *Elphidium excavatum* und *Elphidium selseyense*. — Natur u. Museum, 94: 421—430, Abb. 1—4, 3 Tab., Frankfurt a. M. 1964.
- ROTTGARDT, D.: Mikropaläontologisch wichtige Bestandteile recenter brackischer Sedimente an den Küsten Schleswig-Holsteins. — Meyniana, 1: 169—228, 21 Abb., 3 Taf., Neumünster 1952.
- SCHLIEFER, C.: Genotypische und phaenotypische Temperatur- und Salzgehalts-Adaptionen bei marinen Bodenevertebraten der Nord- und Ostsee. — Kieler Meeresforsch., 16: 180—185, Kiel 1960.
- SEIBOLD, E.: Der Große Belt in seiner Bedeutung für die rezenten Sedimente der Ostsee. — Im Druck, Baltica, 1965.
- TERQUEM, M.: Essai sur le classement des animaux qui vivent sur la plage et dans les environs de Dunkerque. — Mém. Soc. Dunkerquoise, 19: Dünkirchen 1875 (Tl. 1) — Teil 1—3 als Buch, 17 Taf., Paris 1875—1879.
- TODD, R.: Nomenclature of foraminifera. — Contr. Cushman Found. foram. Res., 14: 109—111, Bridgewater/Mass. 1963.
- VOORTHUYSEN, J. H. VAN: Foraminiferen aus dem Eemien (Riss-Würm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort I (Locus typicus). — Meded. geol. Stichting, N.S., 11: 27—40, 1 Abb., 1 Tab., Taf. 23—26, Maastricht 1957.
- WALKER, G. & JACOB, E. in KANMACHER, F.: Adam's Essays on the microscope. — 2. Ausgabe, Dillon & Keating, London 1798.
- WALTON, W. R.: Techniques for the recognition of living foraminifera. — Contr. Cushman Found. foram. Res., 3: 56—60, Bridgewater/Mass. 1952.
- WIESNER, H.: Die Foraminiferen der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. — Dt. Südpol.-Exped. Zool., 20: 53—165, Taf. 1—24, 1931.
- WILLIAMSON, W. C.: On the recent foraminifera of Great Britain. — The Ray Society, 1—107, 6 Taf., London 1858.

## 2. Ökologischer Teil

- BAKKER, J. P.: Küstenentwicklung und prähistorische Besiedlung in den Niederlanden. — Sitzungsber. phys. med. Soz. Erlangen, 78: 102—127, Erlangen 1958.
- BARNER, U.: Untersuchungen an Sedimenten vom Südausgang des Großen Beltes. — Diss. Kiel, 1964.
- BARTENSTEIN, H.: Die Foraminiferen-Fauna des Jade-Gebietes, T. 2. — Senckenbergiana, 20: 386—412, 1 Karte, 4 Tab. 2 Taf., Frankfurt a. M. 1938.
- BOLTOVSKOV, E.: Foraminiferos y sus relaciones con el medio. — Rev. Mus. Cienc. Natur., Hidrobiología, 1 (2): 1—110, 1963.
- BRADSHAW, 1957: s. Teil 1!
- DEMEL, K. & MULICKI, Z.: Quantitative investigations on the biological bottom productivity of the South Baltic. — Rep. Sea Fisher. Inst., Gdynia, Warschau 1954.
- DIETRICH, G.: Hydrography of the Western Baltic. — Ann. Biol., 11: Kopenhagen 1956.
- EMERY, K. O. & STEVENSON, R. E.: Estuaries and lagoons. — In HEDGPETH: Treatise on marine ecology and paleoecology. — Mem. geol. Soc. Amer., 67: New York 1957.
- FEYLING-HANSEN, 1964: s. Teil 1!
- FONSELIUS, S. H.: Hydrography of the Baltic Deep Basins. — Fischery Board Sweden, Ser. Hydrogr., 13: 1—41, 30 Abb., 1 Tab., Lund 1962.
- HAAKE 1962: s. Teil 1!
- HAAKE, F. W.: Jahreszeitliche Untersuchungen an Ostsee-Foraminiferen. — Manuskript Kiel 1965.
- HELA, I. & KRAUSS, W.: Zum Problem der starken Veränderlichkeit der Schichtungsverhältnisse im Arkona-Becken. — Kieler Meeresforsch., 15: 125—143, Taf. 1—10, Kiel 1959.
- HILTERMANN, H.: Erkennung fossiler Brackwassersedimente unter besonderer Berücksichtigung der Foraminiferen. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 10: 49—52, Krefeld 1963.
- HÖGLUND 1947: s. Teil 1!

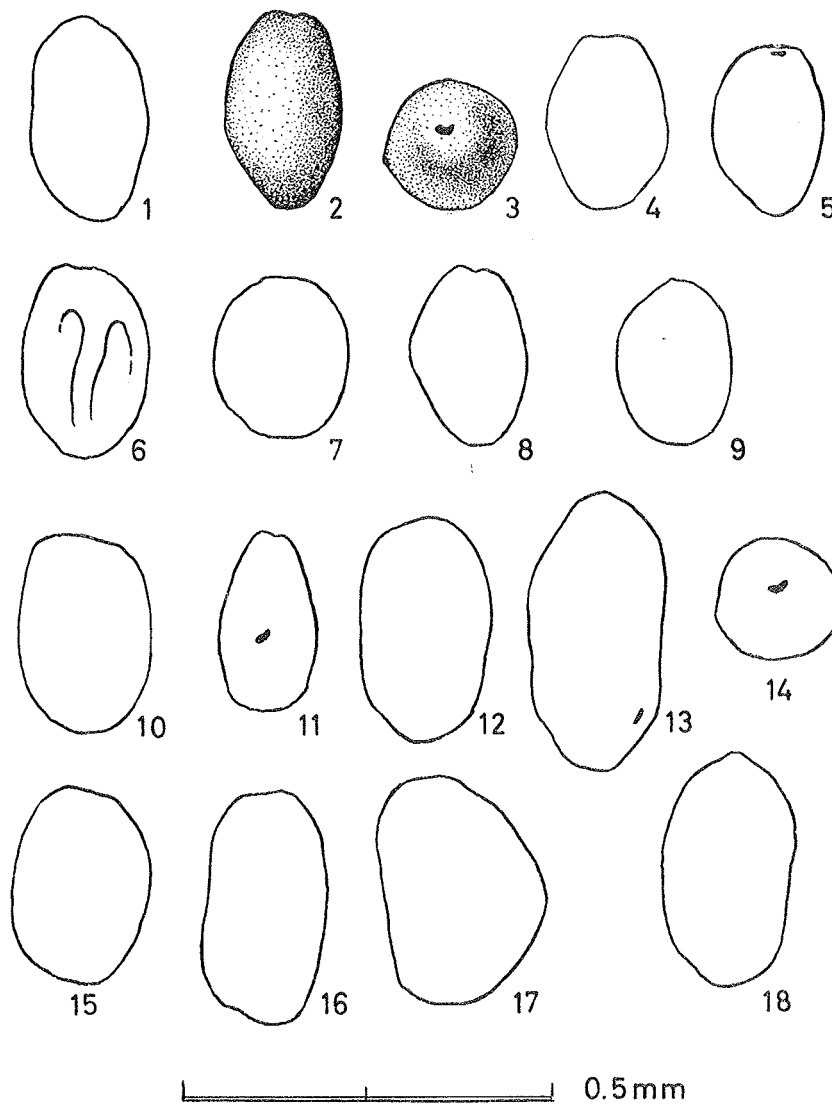
- JARKE, J.: Die Unterschiede in der Sedimentation vor der Ost- und Westküste Schleswig-Holsteins. — Diss. Kiel 1948.
- JARKE, J.: Beobachtungen über Kalkauflösung an Schalen von Mikrofossilien in Sedimenten der westlichen Ostsee. — Deutsch. Hydrogr. Z., 14: 6—11, 1 Taf., Hamburg 1961.
- KÄNDLER, P.: Hydrographische Beobachtungen in der Kieler Förde 1952-1957. — Kieler Meeresforsch., 15: 145—156, 3 Tab., Taf. 11—15, Kiel 1959.
- KÖSTER, R.: Gegenwärtige tektonische Bewegungen in der Umgebung der westlichen Ostsee. — 21. Geol. Congr., Rep., 18: 89—98, Kopenhagen 1960.
- KÖSTER, R.: Junge, eustatische und tektonische Vorgänge im Küstensaum der südwestlichen Ostsee. — Meyniana, 11: 23—81, Kiel 1961.
- KRIPNER, J.: Zur Foraminiferen-Fauna im Wattenmeer bei Sylt. — Diplomarbeit Kiel, Ms. 1964.
- KRUG, J.: Erneuerung des Wassers in der Kieler Bucht im Verlaufe eines Jahres am Beispiel 1960/61. — Kieler Meeresforsch., 19: 158—174, 14 Taf., Kiel 1963.
- LOEBLICH & TAPPAN 1964: s. Teil 1!
- MCGLOSSON, R. H.: Foraminiferal biofacies around Santa Catalina Island, California. — Micropaleontology, 5: 117—240, 18 Abb., 8 Tab., New York 1959.
- OHL, H.: Temperatur- und Salzgehaltsmessungen an der Oberfläche des Kieler Hafens in den Jahren 1952 bis 1957. — Kieler Meeresforsch., 15: 157—160, 2 Tab., Taf. 16, Kiel 1959.
- PHLEGER, F. L. & WALTON, W. R.: Ecology of marsh and bay Foraminifera, Barnstable, Mass. — Amer. J. Sci., 248: 274—294, New Haven 1950.
- PRATJE, O.: Die Bodenbedeckung der südlichen und mittleren Ostsee und ihre Bedeutung für die Ausdeutung fossiler Sedimente. — Deutsch. hydrogr. Z., 1: 45—61, 1948.
- REMANE 1955, 1958: s. Teil 1!
- RESIG, J. M.: Ecology of foraminifera of the Santa Cruz Basin, California. — Micropaleontology, 4: 281—308, 16 Abb., 2 Tab., New York 1958.
- RESIG, J. M.: Untersuchungen zur Kalkauflösung an rezenten Foraminiferen der Ostsee. — Dissertation Kiel, Ms 1965.
- RHUMBLER 1935, 1936: s. Teil 1!
- ROTTGARDT 1952: s. Teil 1!
- RICHTER, G.: Zur Ökologie der Foraminiferen; I u. II. — Natur u. Museum, 94: 343—353, 421—430, Abb. 7—14 u. 1—4, 4 Tab., Frankfurt a. M. 1964.
- SEGERSTRÅLE, S. G.: Baltic Sea. — In HEDGPETH: Treatise on marine ecology and paleoecology. — Mem. geol. Soc. Amer., 67: New York 1957.
- SEIBOLD, E.: Der Große Belt in seiner Bedeutung für die rezenten Sedimente der Ostsee. — Baltica, im Druck, Manuskript 1964.
- VOORTHUYSEN, J. H. VAN: Die Foraminiferen des Dollart-Ems-Estuarium. — Verh. Ned. Geol. Mijnb. Gen., Geol. Ser., 19: 237—269, 11 Taf., s-Gravenhage 1960.
- WALTON, W. R.: Ecology of living benthonic foraminifera Todos Santos Bay, Baja, California. — J. Paleontol., 29: 952—1018, 24 Abb., 7 Tab., Taf. 99—104, Tulsa/Okl. 1955.
- WERNER, F.: Sedimentkerne aus den Rinnen der Kieler Bucht. — Meyniana, 14: 52—67, 2 Tab., 1 Taf., Kiel 1964.
- WÜST, G. & BROGMUS, W.: Ozeanographische Ergebnisse einer Untersuchungsfahrt mit Forschungskutter „Südfall“ durch die Ostsee Juni—Juli 1954 (anlässlich der totalen Sonnenfinsternis auf Öland). — Kieler Meeresforsch., 11: 3—21, 4 Tab., Taf. 1—9, Kiel 1955.
- ZEITZSCHEL, B.: Zur Sedimentation von Seston; eine produktionsbiologische Untersuchung von Sinkstoffen und Sedimenten der Westlichen und Mittleren Ostsee. — Diss. Kiel 1964.



Erklärung zu Tafel 1

*Astrammmina sphaerica* (HERON-ALLEN & EARLAND 1932).

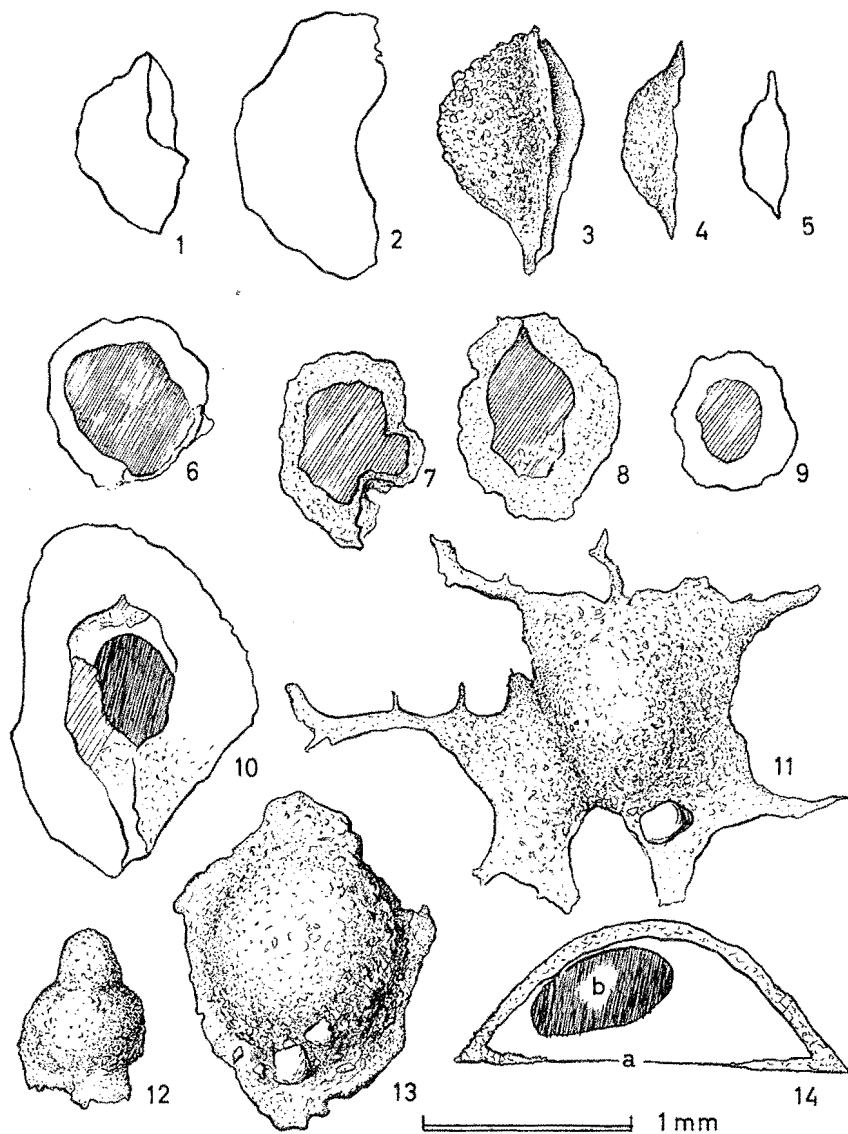
Fig. 1—6: St. 213, Stolper Rinne, 85 m; Fig. 7—11: St. 110, Arkonabecken, 42 m, Fig. 12—16: St. 40, Kadett Rinne, 22 m.



Erklärung zu Tafel 2

*Hippocrepina flexibilis* (WIESNER 1931).

Fig. 1—9: St. 36, Fehmarnbelt, 16 m; Fig. 10—14: St. 112, Sund, 38 m; Fig. 15—18: St. 213, Stolper Rinne, 85 m. — Fig. 3 u. 14: von oben; Fig. 6: beim Trocknen eingedelltes Exemplar.



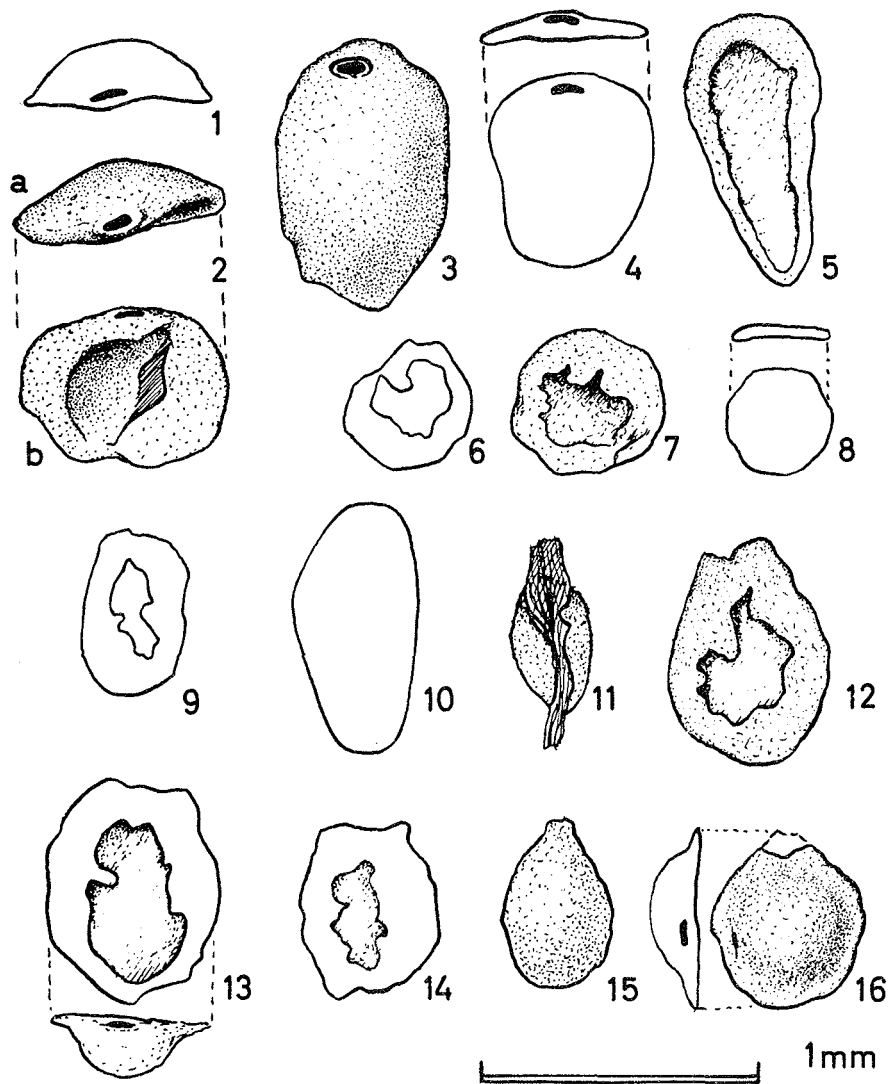
Erklärung zu Tafel 3

*Tholosina vesicularis* (BRADY 1879).

St. 202, östlich Fehmarn, 27 m. — Fig. 1—5: Seitenansicht; Fig. 6—10: Anheftungsfläche, Membrane schraffiert; Fig. 11: auf Granitgeschiebe aufsitzendes Exemplar mit Fortsätzen; Fig. 14: Querschnitt (Dünnschliff), a Membrane, b Protoplasmaklumpchen.

Außer Fig. 11 sämtlich von Rotalgen abgespült.



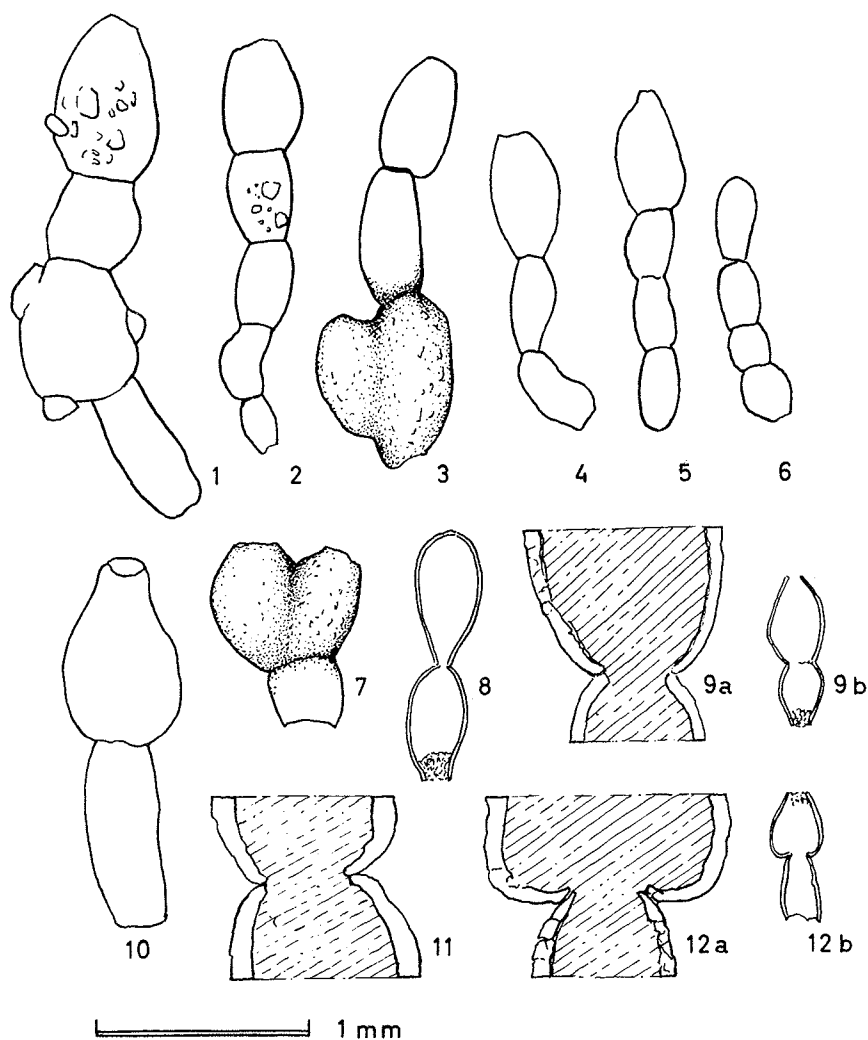


Erklärung zu Tafel 4

*Crithionina heinckei* RHUMBLER 1928.

Fig. 1—4: St. 202, östl. Fehmarn, 27 m (1, 2a: Seitenansicht, 2b: Anheftungsfläche, 3: Mündung mit eingesenktem Mündungskragen); Fig. 5—11: St. 139, Windsgrav-Rinne, nordwestl. Fehmarn, 40 m (6, 7, 9: Anheftungsfläche, 8, 10: Aufsicht, 11: an Tangblatt und beim Trocknen zusammengekrümmt); Fig. 12—16: St. 138, nördl. Fehmarn, 31 m (12—14: Anheftungsfläche, 15, 16: Aufsicht).

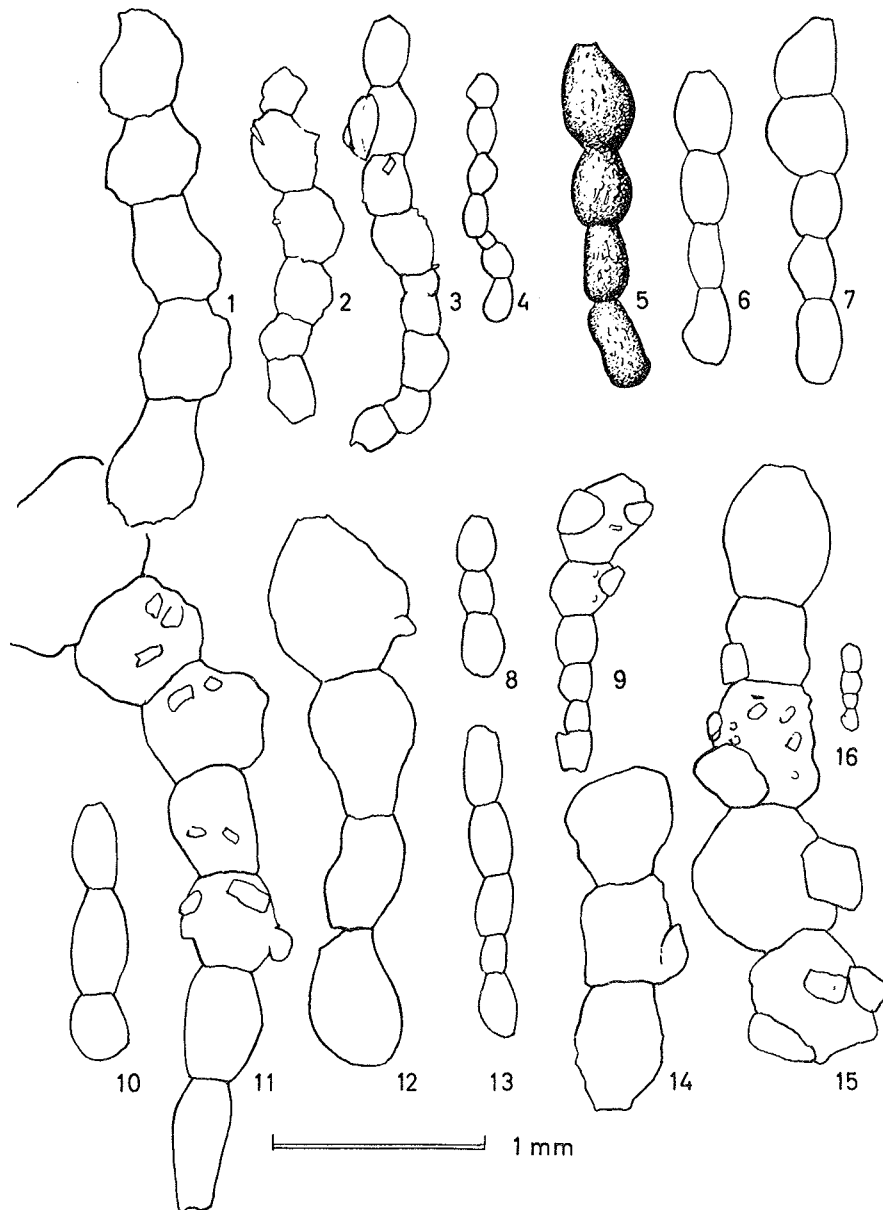
Sämtliche Exemplare von Rotalgen abgewaschen.



Erklärung zu Tafel 5

*Reophax aduncus* BRADY 1882.

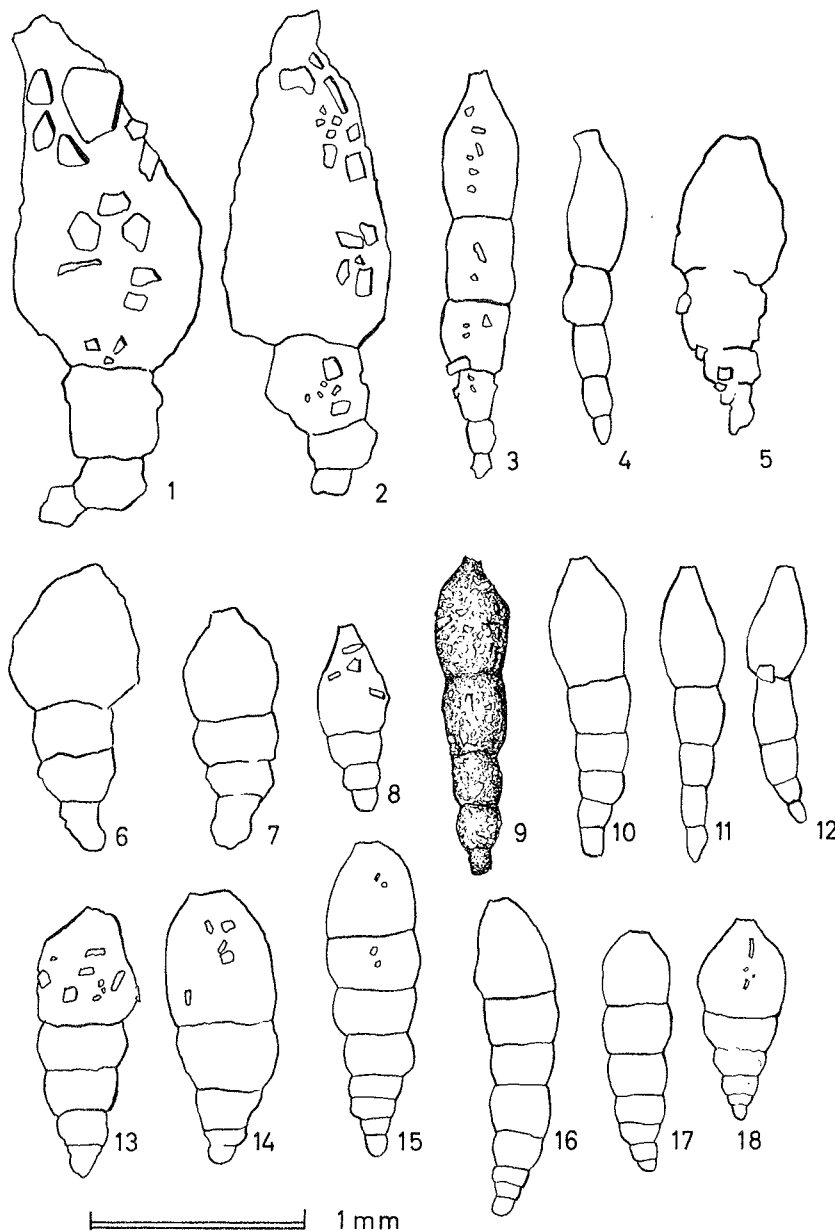
Fig. 1—6: St. 30, Fehmarn, 27 m; Fig. 7, 10: St. 31, Fehmarn, 26 m; Fig. 8, 9, 11 und 12: Dünnschnitte. — Fig. 9a, 11 und 12a sind vier mal so stark vergrößert wie die übrigen Figuren.



Erklärung zu Tafel 6

*Reophax aduncus* BRADY 1882.

Fig. 1—4: Nachzeichnungen der Originalabbildungen von *R. aduncus* in BRADY 1884, Challenger-Exped., Taf. 31 Fig. 23—26; Fig. 5—12: St. 30, Fehmarn, 27 m; Fig. 13—15: St. 31, Fehmarn, 26 m; Fig. 16: St. 28, Fehmarn, 24 m.

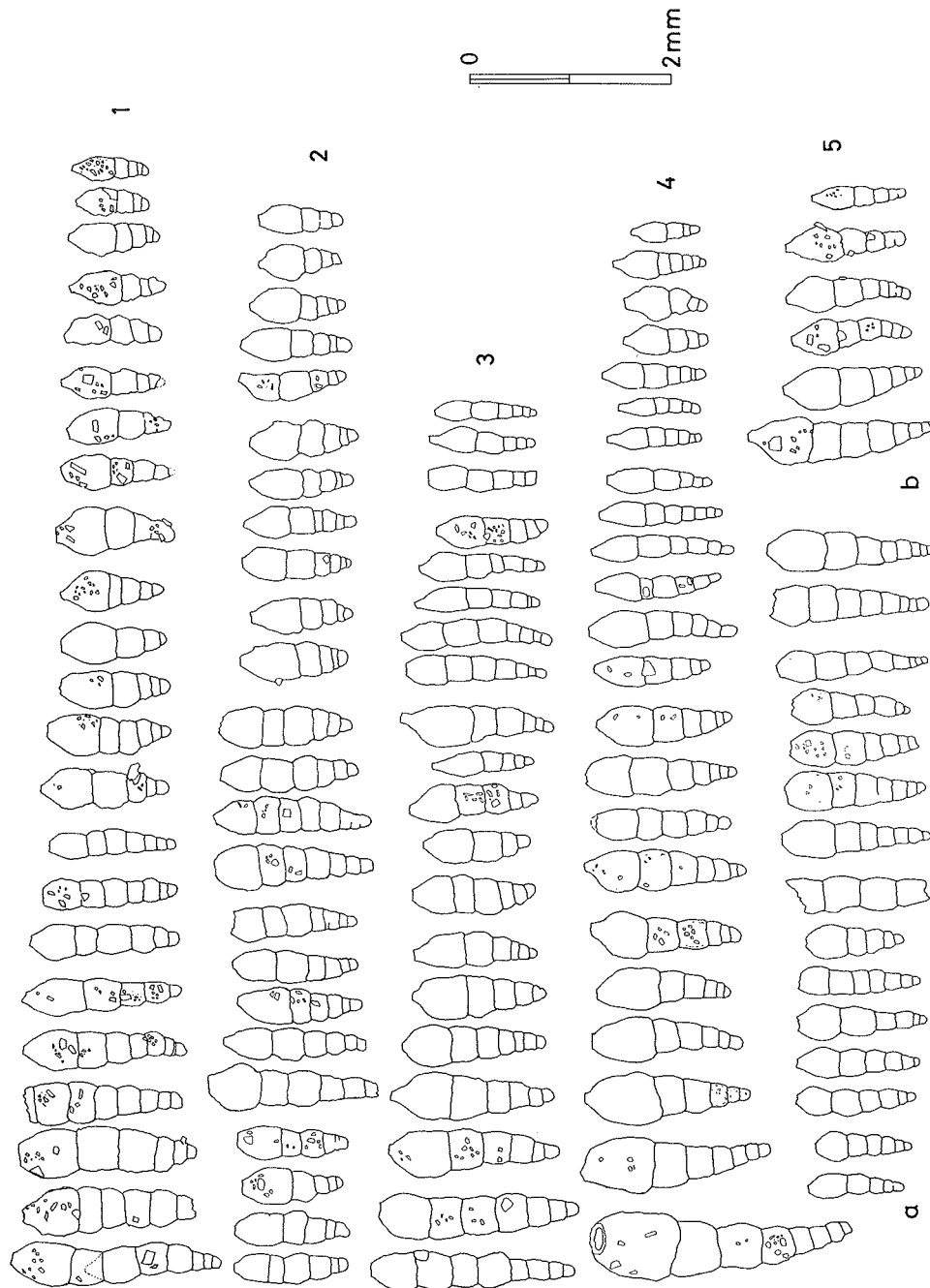


Erklärung zu Tafel 7

*Reophax*.

Fig. 1—2: Nachzeichnungen von Originalabbildungen zu *R. subfusiformis* EARLAND; Fig. 3—4: dito zu *R. dentaliniformis* BRADY; Fig. 5—6: dito zu *R. regularis* HÖGLUND; Fig. 7—18: *R. dentaliniformis regularis* HÖGLUND.

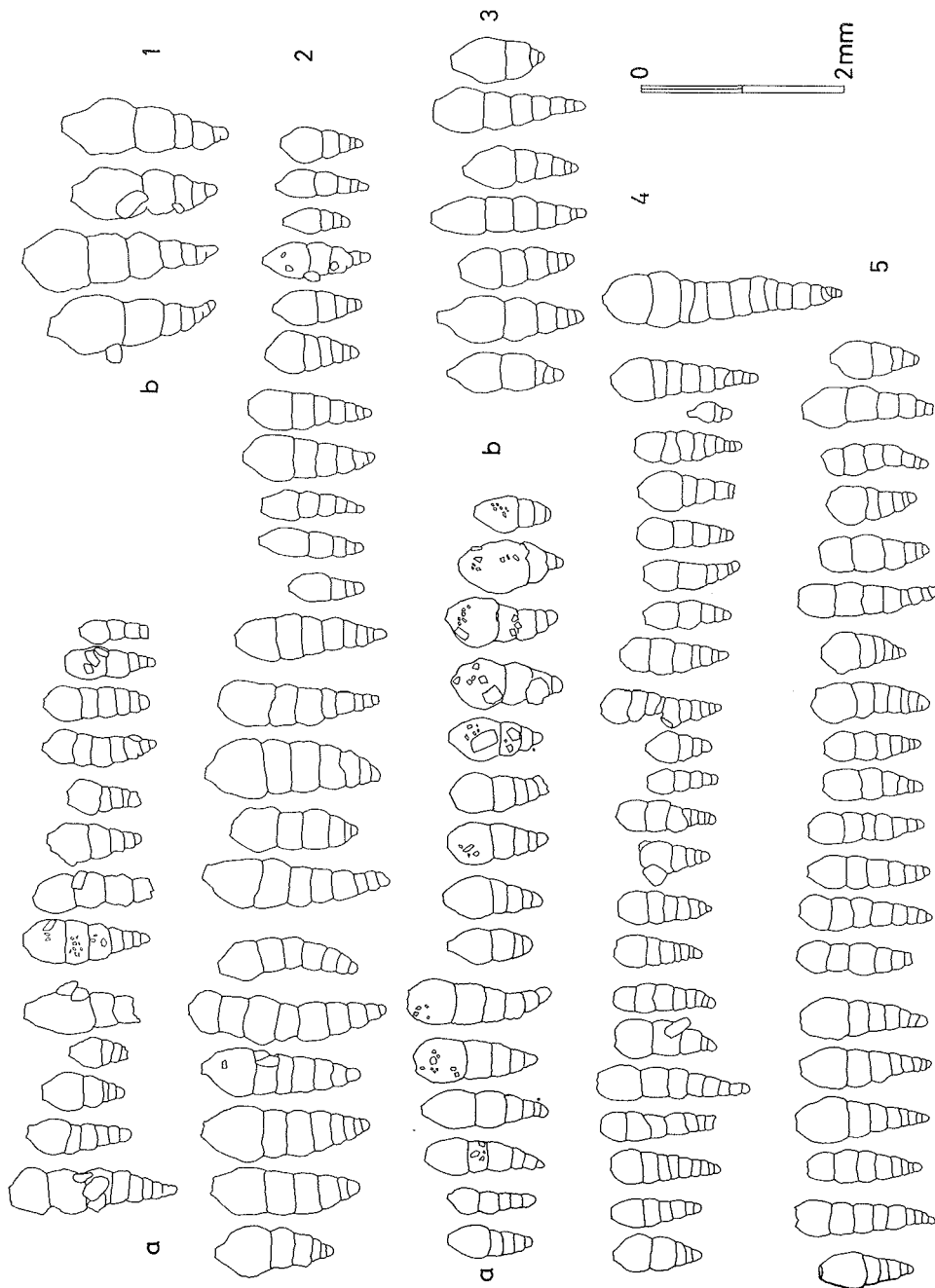
Fig. 7—9: St. 25, Eckernförder Bucht, 20 m; Fig. 10—12: St. 24, Fehmarn Belt, 27 m; Fig. 13—16: St. 102, Bornholmsgatt, 51 m; Fig. 17—18: St. 221, Gotlandbecken, 150 m.



Erklärung zu Tafel 8

*Reophax dentaliniiformis* BRADY, Populationen aus der Beltsee und dem Arkonabecken.

- Reihe 1: St. 25, Eckernförder Bucht, 20 m
- Reihe 2: St. 307, Eckernförder Bucht bei Noer, 18 m
- Reihe 3: St. 29, Fehmarn Belt, südlich des Ausgangs des Gr. Belt, 27 m
- Reihe 4: St. 24, Fehmarn Belt, 27 m
- Reihe 5a: St. 109, Arkonabecken, Beckenmitte, 43 m
- Reihe 5b: St. 10, Arkonabecken, bei Bornholm, 45 m.



Erklärung zu Tafel 9

*Reophax dentaliniiformis* BRADY, Populationen aus der mittleren Ostsee.

Reihe 1a: St. 114, Sund, 30 m

Reihe 1b: Nachzeichnungen der Originalabbildungen von *R. regularis* HÖGLUND

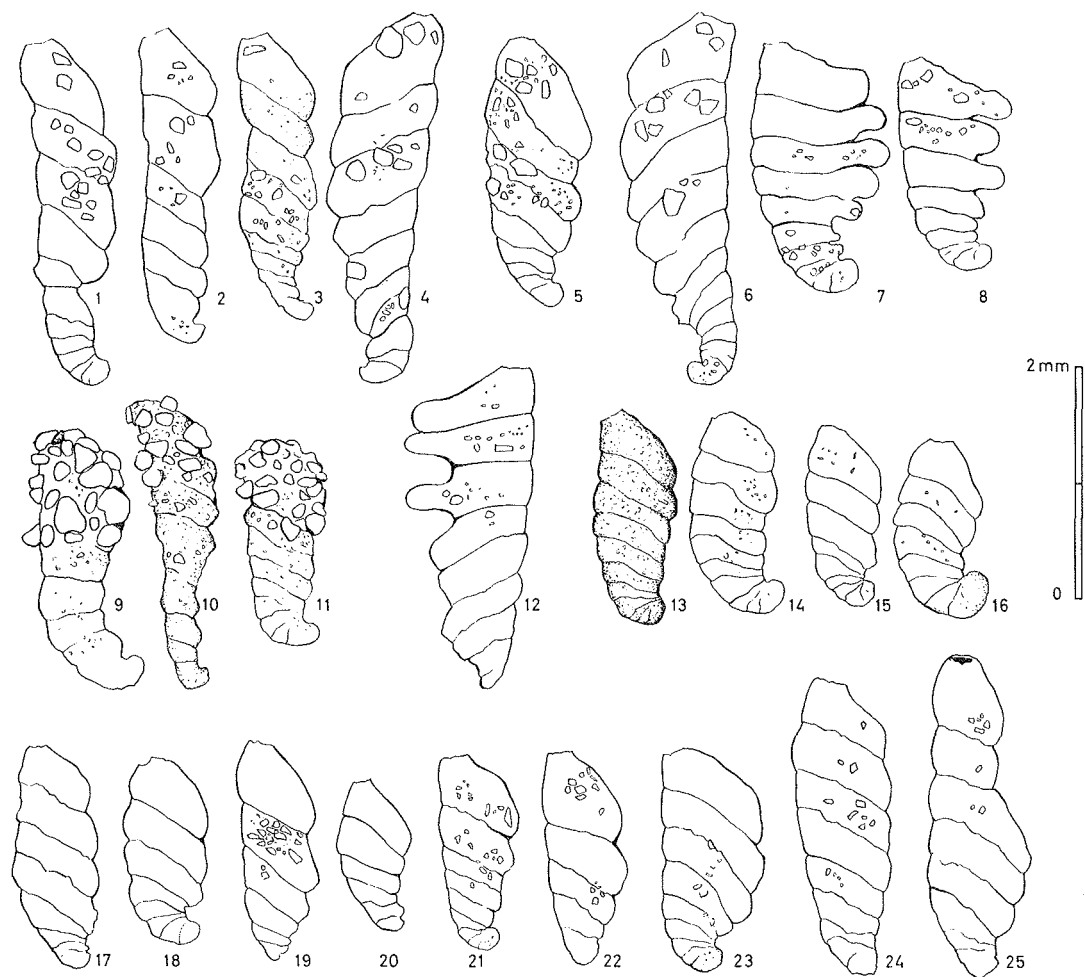
Reihe 2: St. 102, Bornholmsgatt, 51 m

Reihe 3a: St. 16, Christiansø-Schwelle, Bornholmbecken, 52 m

Reihe 3b: St. 213, Stolper Rinne, 85 m

Reihe 4: St. 215, Danzigtieft, 103 m

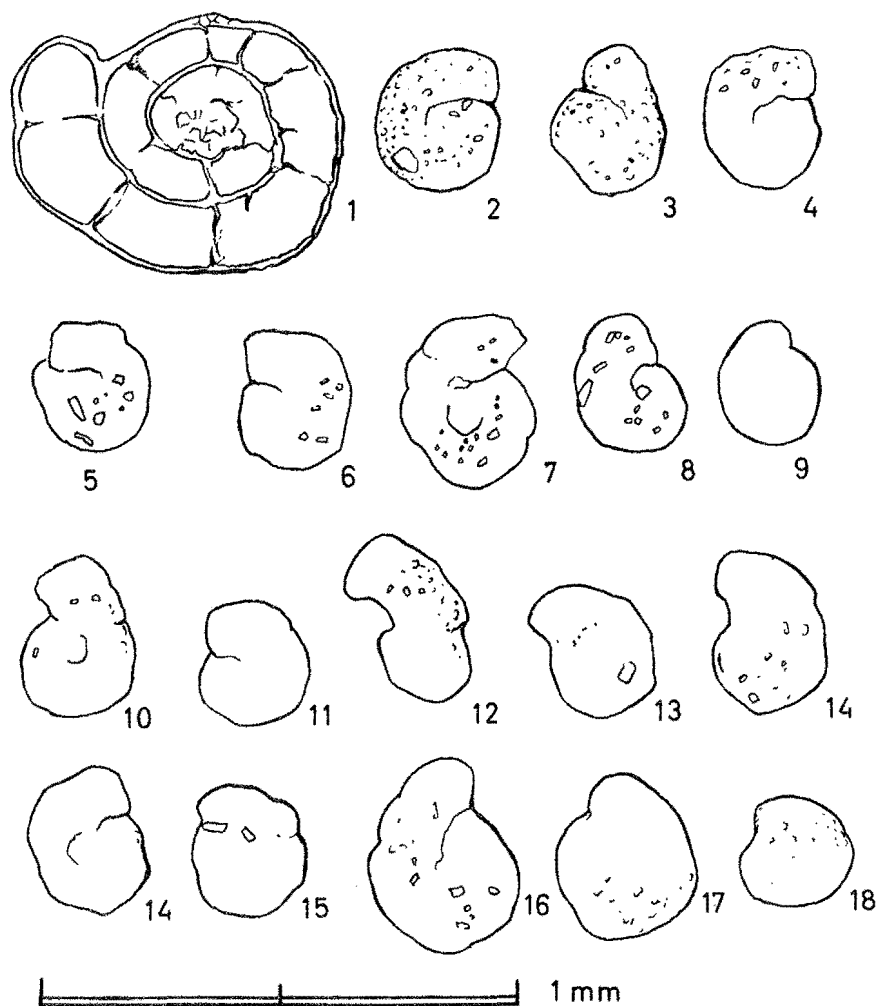
Reihe 5: St. 221, Gotlandbecken, 150 m.



Erklärung zu Tafel 10

*Ammotium cassis* (PARKER 1870).

Fig. 1—8: St. 24, Fehmarn Belt, 25 m; Fig. 9—11: St. 125, Kieler Bucht nördl. Gabelsflad 13 m, beachte plötzlichen Umschlag zu grober Agglutinerung! Fig. 12: Eckernförder Buch 20 m, Kammerauswüchse! Fig. 13—16: Arkonabecken, St. 61, feine Agglutinerung; Fig. 17—25: St. 75, Arkonabecken, 44 m, gröbere Agglutinerung.

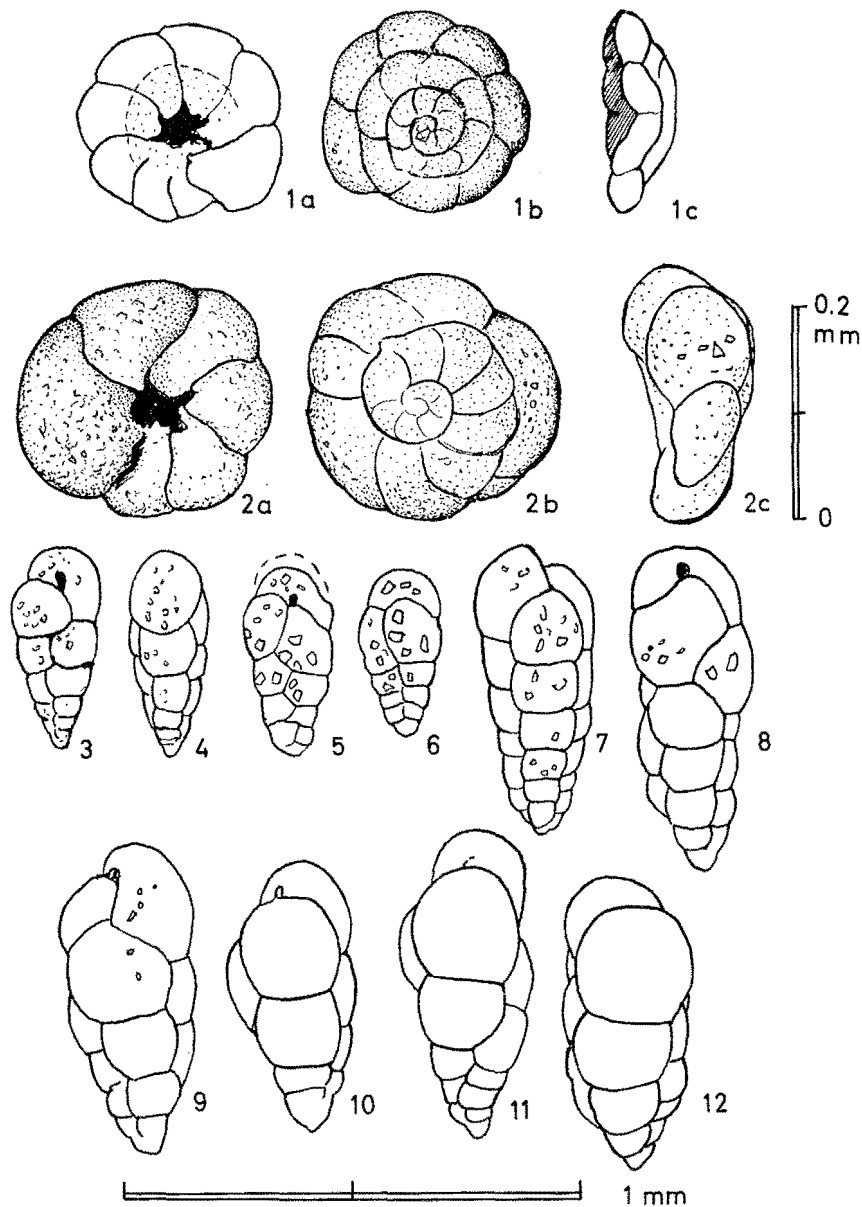


Erklärung zu Tafel 11

*Ammoscalaria runiana* (HERON-ALLEN & EARLAND).

Fig. 1: Querschnitt mit Resten der tektinösen Kammerscheidewände, Durchmesser 0,37 mm;  
 Fig. 2—9: St. 149, Stoller Grund, 15 m; Fig. 10—15: St. 128, Gabelsflach, 15 m; Fig. 16—18:  
 Eckernförder Bucht, unterhalb Mittelgrund, 18 m.

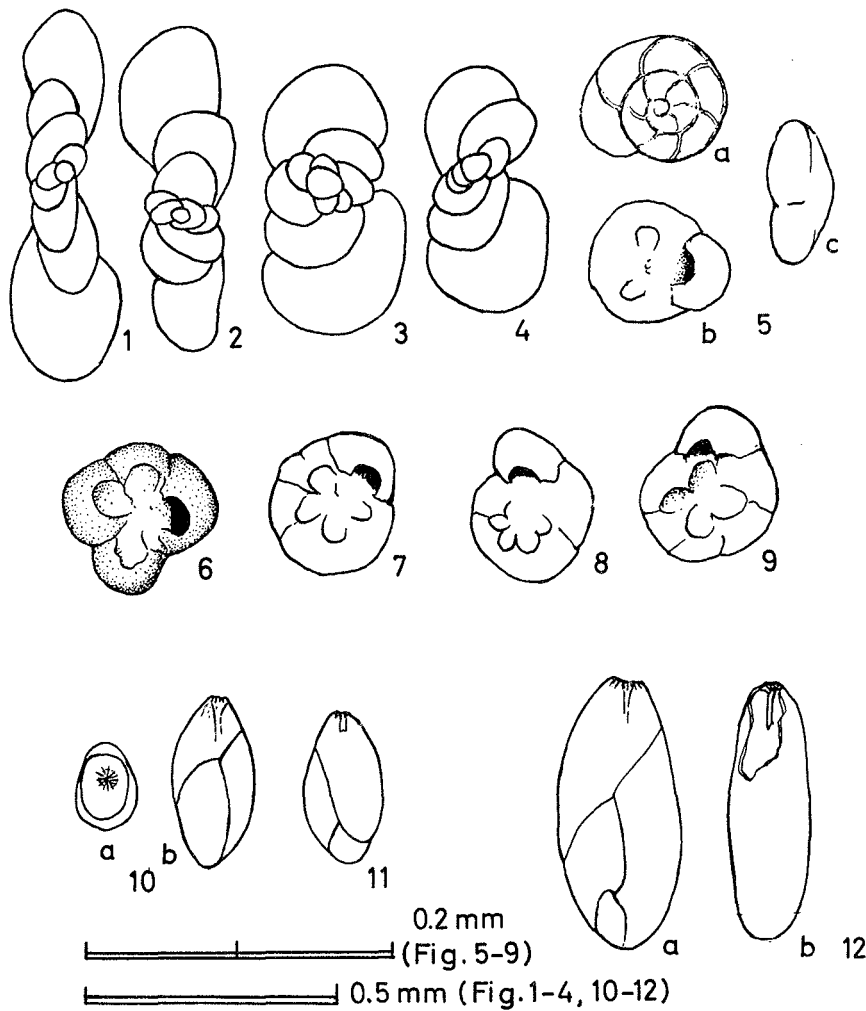




## Erklärung zu Tafel 12

*Trochammina* sp. sp. und *Eggerella scabra* (WILLIAMSON).

Fig. 1: kleinwüchsige *Trochammina*, aff. *T. stellata* HÖGLUND, St. 139a, Windsgrav Rinne, 42 m; Fig. 2: kleinwüchsige *Trochammina*, plumpe Form, Stoller Grund, 10 m; Fig. 3—4: *Eggerella scabra*, Nachzeichn. der Originalabbildungen; Fig. 5—6: *E. media*, Nachzeichn. d. Originalabbildungen; Fig. 7: *E. arctica*, Nachzeichn. der Originalabbildungen; sämtliche Nachzeichnungen uneinheitlich vergrößert! Fig. 8—10: St. 144, westl. Fehmarn, 25 m; Fig. 11—12: St. 24, östl. Fehmarn, 27 m.



Erklärung zu Tafel 13

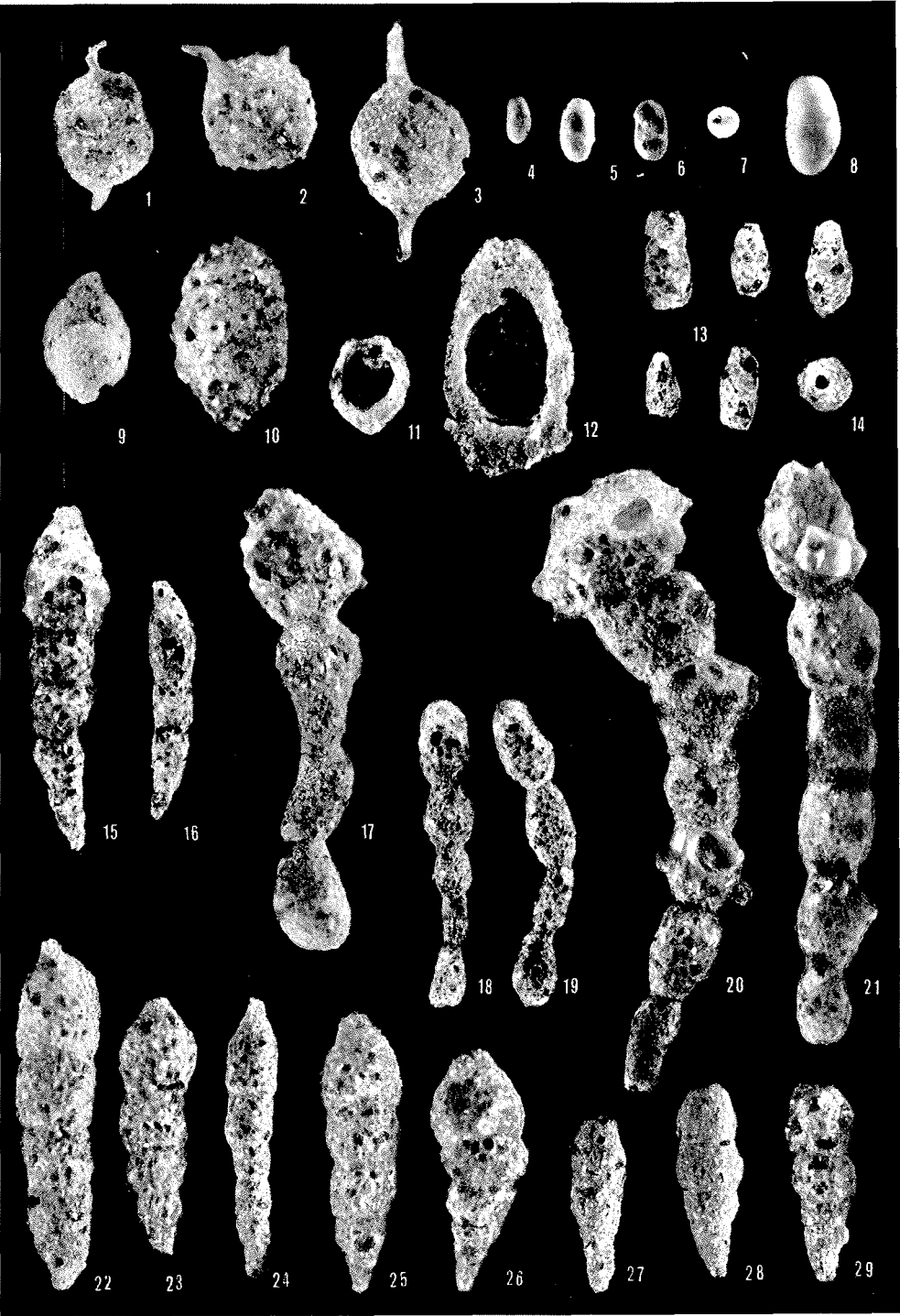
Fig. 1—4: Querschnitte durch *Ophthalmina kilianensis* RHUMBLER in schematischer Darstellung; Fig. 1—3: St. 139, Windsgrav Rinne, 43 m; Fig. 4: St. 202, östlich Fehmarn, 27 m. — Fig. 3 und 4, eventuell auch 2, würden nach der RHUMBLER'schen Definition zu *Pateoris hauerinoides* (RHUMBLER 1936) gehören.

Fig. 5—9: *Asterellina pulchella* (PARKER 1952), St. 37, Gedser, 10 m; Fig. 10—12: *Laryngosigma hyalascidea* LOEBLICH & TAPPAN 1953 (Fig. 10: St. 118, Öresund, 4 m; Fig. 11: St. 40, Kadett-Rinne, 22 m; Fig. 12: St. 145, Kieler Bucht, 21 m).

Erklärung zu Tafel 14

Vergrößerung 30 ×

- Fig. 1—3 *Astrammmina sphaerica* (HERON-ALLEN & EARLAND 1932)  
Fig. 1—2: St. 213, Stolper Rinne, 85 m, UKG 1336—1337; Fig. 3: St. 256, Kieler Bucht, 21 m, UKG 1338.
- Fig. 4—8 *Hippocrepina flexibilis* (WIESNER 1931), UKG 1339.  
Fig. 4, 7: St. 36, Gedser, 16 m; Fig. 5, 6: St. 112, Sund, 38 m; Fig. 7 = von oben; Fig. 8 zeigt dasselbe Exemplar wie Fig. 4, jedoch in 60-facher Vergrößerung.
- Fig. 9 *Crithionina heinckei* RHUMBLER 1928  
St. 202, Fehmarn, 27 m, UKG 1340.
- Fig. 10—12 *Tholosina vesicularis* (BRADY 1879), UKG 1341—1343.  
St. 202, Fehmarn, 27 m; Fig. 11—12: Anheftungsfläche.
- Fig. 13—14, 17—21 *Reophax aduncus* BRADY 1882  
Fig. 13: verschiedene, isoliert gefundene Einzelkammern; Fig. 14: Einzelkammer von oben; Fig. 17—21: St. 30, Fehmarn Belt, 27 m; Fig. 21: Exemplar beim Fotografieren beschädigt! UKG 1344—1351.
- Fig. 22—29, 15—16 *Reophax dentaliniiformis regularis* HÖGLUND 1947  
Fig. 22—24: St. 157, Eckernförder Bucht, 25 m; Fig. 25—26: St. 213, Stolper Rinne, 85 m; Fig. 27—28: St. 215, Danzig-Tief, 103 m; Fig. 29: St. 228, Gotlandsee, 106 m; Fig. 15, 16: St. 24, Fehmarn Belt, 27 m, UKG 1346, 1352—1359.



# Erklärung zu Tafel 15

Vergrößerung 27 ×

- Fig. 1—9 *Miliammina fusca* (BRADY 1870), UKG 1360—1362  
 Fig. 1—7: St. 36, Gedser, 16 m; Fig. 8: Innenbau, Längsschnitt, St. 2, Darsser Schwelle, 20 m; Fig. 9: Mündungsansichten, oberes Expl. St. 295, Bottsand-Lagune bei Stein, 0,20 m; unteres Expl. St. 67, Arkonabecken, 44 m.
- Fig. 10—13 *Cribrostomoides jeffreysi* (WILLIAMSON 1858)  
 St. 100, Bornholmsgatt, 53 m; Fig. 12—13: Mündungsansicht, UKG 1363.
- Fig. 14—17 *Ammotium cassis* (PARKER 1870)  
 St. 31, Fehmarn Belt, 26 m, UKG 1364.
- Fig. 18—20 *Ammoscalaria runiana* (HERON-ALLEN & EARLAND 1916)  
 St. 152, Stoller Grund, 12 m, UKG 1365.
- Fig. 21—23 *Trochammina* sp. sp., kleinwüchsige Formen  
 Fig. 21: St. 264, Stoller Grund, 9 m, UKG 1366; Fig. 22—23: St. 139a, Windsgrav-Rinne, 38 m, UKG 1367.
- Fig. 24—31 *Eggerella scabra* (WILLIAMSON 1858)  
 Fig. 24—28: St. 24, Fehmarn Belt, 27 m, UKG 1368; Fig. 29: St. 72, Arkonabecken, 43 m; Fig. 30—31: Mündungsansicht, St. 24, UKG 1369.
- Fig. 32 *Spiroplectammina biformis* (PARKER & JONES 1865)  
 St. 121, Großer Belt, 27 m, UKG 1370.
- Fig. 33 *Ammonia beccarii* (LINNAEUS 1758)  
 St. 32, Fehmarn Belt, 25 m, UKG 1371.
- Fig. 34—35 *Quinqueloculina seminula* (LINNAEUS 1758)  
 St. 28 und 29, Fehmarn Belt, 24 bzw. 27 m, UKG 1372.
- Fig. 36 *Ophthalmina kilianensis* RHUMBLER 1936  
 a Mündungsansicht; St. 139, Windsgrav-Rinne, 38 m, UKG 1373.
- Fig. 37 *Laryngostigma hyalascidea* LOEBLICH & TAPPAN 1953  
 St. 40, Kadett-Rinne, 22 m, UKG 1374.
- Fig. 38 *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB 1798)  
 St. 139, Windsgrav-Rinne bei Fehmarn, 38 m, UKG 1375.
- Fig. 39 *Cribrononion excavatum excavatum* (TERQUEM 1875)  
 St. 152, Stoller Grund, 12 m, UKG 1376.
- Fig. 40—41 *Cribrononion excavatum clavatum* (CUSHMAN 1930)  
 Fig. 40: St. 1, Darsser Schwelle, 17 m, UKG 1377; Fig. 41: St. 156, Eckernförder Bucht, 20 m, UKG 1378.
- Fig. 42 *Cribrononion asklundi* (BROTZEN 1943)  
 St. 41, Darsser Schwelle, 15 m, UKG 1379.
- Fig. 43—44 *Cribrononion incertum incertum* (WILLIAMSON 1858)  
 St. 146, Kieler Bucht, 20 m, UKG 1380—1381 (Fig. 43 Mündungsansicht).
- Fig. 45 *Cribrononion cf. gerthi* (VOORTHUYSEN 1957)  
 St. 264, Stoller Grund, 9 m, UKG 1382.
- Fig. 46 *Cribrononion cf. alvarezanum* (ORBIGNY 1839)  
 St. 295, Bottsand-Lagune bei Stein, 0,20 m, UKG 1383.

